

## प्रात्यक्षिकांसह व्याख्याने

“मेणबतीचा रासायनिक इतिहास” हे पुस्तक म्हणून लिहिले गेले नव्हते. मायकेल फॅरडे यांनी १८६०-६१ च्या नाताळच्या सुट्टीत युवकांसाठी प्रात्यक्षिकांसह व्याख्याने दिली होती. त्या व्याख्यानांच्या टंकलिखित टिप्पण्या होत्या. सर्व शास्त्रज्ञ प्रयोग करत असतात. पण प्रयोगशीलतेत फॅरडेचा कुणी हात धरू शकत नाही, असे म्हणावे लागते. प्रात्यक्षिके व प्रयोग दाखवण्याच्या त्यांच्या पद्धतीचा त्या काळच्या विज्ञान-शिक्षण पद्धतीवर मोठा प्रभाव पडला होता. संशोधक आणि प्रयोगशील शास्त्रज्ञ म्हणून त्यांना यश मिळाले. त्या यशाने प्रयोग आणि निसर्गाकडून ज्ञान यांतील संबंधांवर शिकवामोर्तबच केले. ‘स्वतःला नेहमी निसर्गाच्या शाळेतला विद्यार्थी अशीच भूमिका घ्यावी’ असे त्यांचे विद्यार्थ्यांना सांगणे असे. त्यांच्या प्रयोगांमुळे निसर्गातल्या घटना प्रेक्षकांना पहायला मिळत आणि म्हणून पटतही ! इतके त्यांचे प्रयोग स्वयंसिद्ध आणि खुले असत. त्यांची ही व्याख्याने, त्यांनी दाखवलेले प्रयोग आपण करून बघावेत असे वाचकांना वाटेल अशी आमची खात्री आहे. आणि तसे झाले तरच त्या प्रयोगांचा परिणाम आणि शिक्षण यांतील संबंध किती रोचक आहे याची प्रचिती येईल.

मराठी आवृत्तीची निर्मिती व वितरण

उन्मेष प्रकाशन

‘सी’ विंग, चंद्रनील अपार्टमेंट, विठ्ठलवाडी रोड,  
पुणे ४११०३०

विज्ञान प्रसार निर्मित

# मेणबतीचा रासायनिक इतिहास मायकेल फॅरडे

अभिजात वैज्ञानिक साहित्य



अनुवाद : सुधा गोवारीकर

मायकेल फॅरडे

## मेणबत्तीचा रासायनिक इतिहास

संपादन

विल्यम कुक्स

लेखकाबद्दल माहिती व संदर्भ टिपणे

नरेंद्र के. सेहगल

सुबोध महंती

अनुवाद

सुधा गोवारीकर



विज्ञान प्रसार

मेणबत्तीचा रासायनिक इतिहास

प्रकाशक-मुद्रक

विज्ञान प्रसार

अनुवाद : सुधा गोवारीकर

© विज्ञान प्रसार

C - 24 इंस्टीट्यूशनल एरिया,

नवी दिल्ली - ११००१६

फोन :

६८६-४०२२, ६८६-४९५७, ६९६-७५३२

फॅक्स : ६९६५९८६

E-Mail : Vigyan @ hub. nic. in

Internet :

http:// www. Vigyanprasar. com

प्रथमावृत्ती

डिसेंबर १९९८

किंमत ७० रुपये

मराठी आवृत्तीची निर्मिती व वितरण

मेधा राजहंस

उन्मेष प्रकाशन

चंद्रनील अपार्टमेंट,

'सी'-विंग, विठ्ठलवाडी रोड,

पुणे - ४११०३०

टाईपसेटिंग

अक्षर-प्रतिभा

चंद्रनील अपार्टमेंट,

सी-विंग, विठ्ठलवाडी रोड,

पुणे - ४११०३०

ISBN : 81-7480-042-5

मुखपृष्ठ

धनंजय सस्तकर

## अनुक्रम

फॅरडॅचा व्यक्तिपरिचय .....	५
प्रस्तावना .....	११
मूळ इंग्रजी पुस्तकाची प्रस्तावना .....	१७
व्याख्यान पहिले .....	१९
व्याख्यान दुसरे .....	४०
व्याख्यान तिसरे .....	५७
व्याख्यान चौथे .....	७८
व्याख्यान पाचवे .....	९५
व्याख्यान सहावे .....	११५
परिशिष्ट .....	१३४

## मनोगत

मायकेल फॅरडॅच्या 'मेणबत्तीचा रासायनिक इतिहास' याचा मराठीत अनुवाद करणे हा एक विलक्षण अनुभव होता. या व्याख्यानांचे अनेक दृष्टींनी महत्त्व जाणवले.

विज्ञानाच्या नजरेत सर्व वस्तू सारख्याच असतात कारण त्या सगळ्या निसर्ग नियमांप्रमाणे वागत असतात. तिथे आप-पर भाव असत नाही. मेणबत्ती असो नाहीतर अग्निबाण, अभ्यास विषय म्हणून दोन्ही तितकेच महत्त्वाचे ठरतात. तिथे श्रेष्ठ-कनिष्ठ असे असत नाही. विज्ञान शिक्षक आपला विषय शिकवत असताना, हेही शिकवू शकले तर मुलांचा दृष्टीकोन वैज्ञानिक होण्याची प्रक्रिया सुरू होऊ शकेल. त्याकरता हकाटी करावी लागणार नाही. दुसरं, मुलांना विज्ञान विषय सुरस व सोपा करून शिकवता येतो, ह्याच ही व्याख्याने म्हणजे एक प्रात्यक्षिक आहे. एकेक निसर्ग नियम ते इतक्या परीने समजावून देतात की आपण काही गहन, अनाकलनीय शिकतो आहोत असं विद्यार्थ्यांच्या लक्षातही येत नाही. या दृष्टीने ही व्याख्याने विज्ञान शिक्षकांकरता एक अभ्यास-विषय ठरतील.

हीच व्याख्याने कुणी त्यातल्या प्रयोगांसकट, जशीच्या तशी विद्यार्थ्यांपर्यंत पोहोचवली तर मुलांना नव्याने विज्ञानाची जाणीव होईल, त्यांची जिज्ञासा वाढेल आणि तो अभ्यास पुढे नेण्याची त्यांना प्रेरणा मिळेल, असा मला विश्वास वाटतो.

**सुधा गोवारीकर**

## फॅरडॅचा व्यक्ती-परिचय

'मायकेल फॅरडॅविषयी बरंच लिहिलं गेलंय. यापुढेही लिहिलं जाईल आणि ते वाचलंही जाईल. त्यांनी विज्ञान क्षेत्रात लावलेले शोध महत्त्वाचे आहेत. कोणत्याही कामात परिपूर्णतेच्या शक्य तितके जवळ जाण्याचा असामान्य गुण त्यांच्या जवळ होता. तेवढ्या एका गुणामुळेही त्यांचे चरित्र अनेकांना प्रेरणा देऊ शकेल. पण अतिशय गरिबीतून ते खूप वर जाऊन पोहोचल्याने त्यांच्या आयुष्याला एक प्रकारची अद्भुत रम्यता प्राप्त झाली होती. ज्यांना विज्ञानाबद्दल कमालीची ओढ वाटते, जिज्ञासा आहे आणि शिक्षण आणि संधी यांची साथ मिळत नाही, अशा तरुणांना मायकेल फॅरडॅच्या चरित्राचे विशेष मोल वाटेल.'

मायकेल फॅरडे यांच्या जीवन व कार्याविषयी हा चपखल मजकूर जॉर्ज पोर्टर, एफ.आर.एस., यांनी प्रस्तावनेत लिहिला आहे. डेव्हिड गुडिंग आणि फ्रँक ए.जे.एल.जेम्स ह्यांनी संपादित केलेल्या 'फॅरडे रि-डिस्कवर्ड : एसेज ऑन द लाईफ अँड वर्क ऑफ मायकेल फॅरडे' या पुस्तकाची ती प्रस्तावना होती.

लंडन शहरातल्या एका गरीब कुटुंबात २२, सप्टेंबर १७९१ या दिवशी ते जन्मले. त्यांचे वडील लोहार होते व कामाच्या शोधात ते लंडनमध्ये येऊन पोहोचले होते. फॅरडॅच्या लहानपणाविषयी आपल्याला फारशी माहिती नाही; पण वडिलांची मिळकत पुरेशी नसल्याने त्यांना लहानपणापासून कामाला जावे लागले होते. लंडनमध्ये स्थायिक झालेल्या जॉर्ज रिबो या फ्रेंच गृहस्थांकरता फॅरडे वर्तमानपत्रे घरोघरी पोहोचविण्याचे काम करीत होते. वय होते तेरा. रिबो जुन्या पुस्तकांची नव्याने बांधणी करून विकत असत.

ते कामही त्यांनी फॅरडॅना करू दिले. एका वर्षानंतर बुक बाईडिंग शिकण्याकरता थोडे वेतन देऊ केले. रिबो हे एक कनवाळू गृहस्थ होते. त्यांच्याजवळ पुस्तक-बांधणीचे काम शिकत असताना साधने अचूकपणे आणि कौशल्याने वापरण्याची फॅरडॅच्या हातांना सवय झाली. ती पुढे शास्त्रीय उपकरणे वापरताना फार उपयोगी पडली. बांधणीला आलेल्या पुस्तकांशी त्यांचा परिचय होत होता. आधीच जिज्ञासू असलेल्या मनाला पुस्तके वाचायला मिळाल्याने चालना मिळत गेली. जे मिळेल, ते फॅरडे वाचून काढत. त्या वाचनामागे विशिष्ट हेतू नव्हता, की एक दिशा नव्हती. पण ज्याला शालेय शिक्षणच फार मिळाले नव्हते, त्याला आपल्या वाचनाची दिशा तरी कशी ठरवता येणार होती ? हाती पडेल ते वाचून काढणे, हे अपरिहार्य होते. तेराव्या वर्षापर्यंत ते शाळेत जात होते. तिथे जेमतेम लिहिणे, वाचणे व मोजणे इतपतच शिक्षण त्यांना मिळाले होते.

एकदा रिबोकडे 'एनसायक्लोपीडिया ब्रिटानिका' या पुस्तकाची प्रत बांधणीकरता आली होती. त्यात 'इलेक्ट्रिसिटी' या विषयावर जेम्स टॅटलर यांनी लेख लिहिला होता. तो फॅरडॅनी वाचला. त्यामुळे फॅरडॅच्या मनात विजेच्या शास्त्राबद्दल कमालीची उत्सुकता निर्माण झाली. त्यानंतर त्यांनी विजेच्या अनेक बाजू तर समजावून घेतल्याच; पण टॅटलर यांची विधाने ते पडताळून पाहू लागले. त्याकरता त्यांनी एक इलेक्ट्रोस्टॅटिक जनरेटर तयार केला. हा जनरेटर त्यांनी एका बाटलीचा उपयोग करून बनवला होता. त्या लेखाने फॅरडॅच्या मनावर खोल परिणाम घडवला. त्या काळात वीज या विषयाबद्दल जे सिद्धांत मानले जात होते, ते टॅटलरने खोडून काढले होते व आपले वेगळे सिद्धांत मांडले होते. वीज म्हणजे हवेतून वाहणाऱ्या वस्तू-कणांचा प्रवाह आहे, अशा प्रचलित कल्पनेऐवजी वीज म्हणजे वातावरणातले एक कंपन आहे, असे त्याने मानले होते. आणि ह्या आगळ्या-वेगळ्या कंपन-प्रवाहासंबंधी आपण नियम शोधू शकलो, तर विजेच्या सर्व परिणामांचा अर्थ स्पष्ट होईल. तसेच त्या प्रवाहाच्या हालचाली मागची तत्त्वे समजली, तर विजेच्या घडामोडी आपल्याला आकलन होतील, असा टॅटलरांचा विश्वास होता. ह्या लेखाने फॅरडॅच्या मनात प्रचलित सिद्धांताविषयी शंका निर्माण

झाली. त्यातूनच ते विवाद्य मुद्यांकडे डोळसपणे पाहू लागले. त्या लेखाचा फॅरडॅच्या विचारांवर किती प्रमाणात प्रभाव होता हे सांगणे जरी कठीण असले, तरी १८२० सालापासून त्यांनी आपल्या लिखाणात त्या लेखाचा अनेकदा उल्लेख केलेला आढळतो. त्यांच्या कार्य-जीवनाला (करियर) त्या लेखाने वेगळे वळण मिळाले, हे निश्चित. विज्ञानाबद्दल त्यांना कुतूहल पूर्वीपासूनच होते; त्याचे रूपांतर जबरदस्त ओढीत झाले. त्यामुळे त्यांचे वाचनही सदिश झाले. याच सुमाराला जेन मार्सेट या बाईचे 'रसायनशास्त्रावरील संवाद' फॅरडॅच्या वाचनात आले. त्याची फॅरडॅच्या विचारसरणीवर कायमची छाप पडली. रसायनशास्त्रातल्या घटनांचे शुष्क वर्णन त्या पुस्तकात नाही; तर रासायनिक प्रतिक्रिया, विद्युतसंबंध, औष्णिक, ऑप्टिकल घडामोडी या एका विस्तृत योजनेचा भाग असाव्यात, अशा रितीने मार्सेटबाईंनी त्या आपल्या पुस्तकात मांडल्या होत्या. निसर्गातल्या अनेक गूढ व अज्ञात घटनांचा अर्थ रसायनशास्त्राच्या सहाय्याने लावता येईल, असे त्यांनी प्रतिपादन केले होते. ह्या पुस्तकाने फॅरडॅना रसायनशास्त्रात रस वाढू लागला. त्याबरोबरच त्यांना सर हम्फ्री डेव्ही यांच्या कार्याचा परिचय झाला.

आधीच शास्त्रीय संशोधनाचे काम त्या काळात सुलभ नसे. त्यातून फॅरडॅसारख्या शिक्षण व पैसा यांना वंचित असलेल्याला तर ते अधिकच अवघड होई. पण जीवनातल्या सगळ्याच गोष्टी काही तर्कशुद्ध मार्गाने घडत नसतात. आणि फॅरडॅचे जीवन तर अनपेक्षित घटनांनी भरलेले होते. लंडनमध्ये एक 'सिटी फिलॉसॉफिकल सोसायटी' ही संस्था होती. तिचे प्रमुख कुणी जॉन टॅटम नावाचे गृहस्थ होते. विज्ञानाच्या विविध मुद्यांवर चर्चा करण्यासाठी ह्या संस्थेचे सभासद आठवड्यातून एकदा टॅटमच्या घरी जमत असत. त्यातल्या काही सभासदांशी फॅरडॅची १८१० च्या सुमारास ओळख झाली होती. अशा प्रकारच्या चर्चांमुळे विज्ञानविषयक विचारांची देवाण-घेवाण करण्याची फॅरडॅना संधी मिळत असे. पण १८१२ साली फॅरडॅच्या आयुष्यात एक अकल्पित घटना घडून आली. रिबो यांचे एक गिन्हाईक त्यांना म्हणाले, "मी डेव्हीची व्याख्याने ऐकायला जाणार आहे. माझ्याजवळ आणखी एक तिकीट आहे. तुम्ही येता का ?" त्यावर आपल्याला



विज्ञानविषयाची फारशी ओळख नाही आणि त्यात रसही वाटत नाही," असे उत्तर देऊन रिबो म्हणाले, "पण तुम्ही फॅरडेला घेऊन जाता का ? त्याला त्यात रस आहे." गिन्हाईक सहजी कबूल झाले. डेव्हीच्या कामाबद्दल वाचलेले असल्याने फॅरडेना त्याबाबत फार उत्सुकता होती. आलेल्या ह्या संधीचा त्यांनी पुरेपूर आनंद व फायदा घेतला. ती व्याख्याने ऐकून त्यांची टाचणे काढली व नंतर ती नीट लिहून काढून त्या सर्व कागदांना सुबकपणे बांधून टाकले.

मनातून फॅरडेना पुस्तक-बांधणीचा व्यवसाय सोडून विज्ञानाचा पाठपुरावा करायची इच्छा होती; पण त्यासाठी काय करायला पाहिजे, हे त्यांना माहीत नव्हते. शेवटी खुद्द डेव्हीचाच सल्ला घ्यावा, असे ठरवून त्यांनी त्यांना एक पत्र लिहिले. पत्राबरोबर त्यांच्याच व्याख्यानांवर काढलेली टाचणेही पाठवून दिली. १८१२ सालच्या २४ डिसेंबरला त्यांना डेव्हीकडून उत्तर आले. त्यात त्यांनी म्हटले होते, "तुम्ही काढलेल्या टाचणांवरून तुमचा आत्मविश्वास आणि हेतुनिष्ठता स्पष्ट होतात. विज्ञानाबद्दल तुम्हाला जी विलक्षण ओढ आहे, ती व लक्षपूर्वक विषय ऐकून तो लक्षात ठेवण्याचा गुणही त्यावरून दिसून आला. मी काही दिवसांकरता लंडनच्या बाहेर जात आहे जानेवारी-अखेरीस मी परतेन. तुम्हाला काही मदत करता आली, तर मला आनंद होईल."

१८१३ सालच्या जानेवारीत लंडनला परतले, तेव्हा डेव्हींना भेटायला फॅरडे गेले; पण तेव्हा डेव्हींनी त्यांना निश्चित असे काहीच सांगितले नाही. पुढे काही दिवसांनंतर डेव्हींच्या प्रयोगशाळेत स्फोट झाला आणि डेव्ही काही काळ आंधळे झाले. त्या वेळी आपल्या कामात मदत करू शकेल अशा माणसाच्या ते शोधात होते. आणि त्यांना स्वच्छ हस्ताक्षरांत लिहिणाऱ्या व विज्ञान क्षेत्रात प्रवेश करू इच्छिणाऱ्या या तरुणाची आठवण झाली. त्यांनी त्याला बोलावणे पाठवले. फॅरडेचे काम त्यांच्या मनास आले. मार्च महिन्यापासून फॅरडेना त्यांनी प्रयोगशाळा मदतनीस बनवून टाकले. त्या काळातल्या एका नावाजलेल्या रसायनशास्त्रज्ञाकडून शिकण्याची फॅरडेना

संधी मिळाली. डेव्ही फॅरडेचा उत्साह, निष्ठा व हुषारी या गुणांवर ते खूष झाले आणि त्या तरुणाच्या कार्य-जीवनात त्यांनी सक्रिय रस घेतला.

डेव्ही यांनी विज्ञानात अमूल्य कामगिरी केली होती. पण तुमचे विज्ञानातले सर्वात महत्त्वाचे योगदान कोणते, असा एका वार्ताहराने त्यांना प्रश्न केला, तेव्हा ते तत्काळ उत्तरले, "मायकेल फॅरडे."

त्यांच्या कामाची फॅरडेवर चांगलीच छाप पडली. इलेक्ट्रोकेमिस्ट्री या विषयात डेव्हींनी संशोधन केले. त्या काळात वीज हा एक प्रवाही पदार्थ, असे मानले जाई. ती संकल्पना फार दिवस टिकणार नाही, याबद्दल त्यांची खात्री होती. त्यांच्या संशोधनावरून 'वीज म्हणजे वस्तुकणांशी संबंधित अशी प्रेरके आहेत' ही संकल्पना स्पष्ट होत गेली. तिच्या आधारावर फॅरडेनी आपले कार्य-जीवन घडवले.

सुरुवातीला फॅरडेनी 'वायूंचे द्रवीकरण' यावर बरेच काम केले. १८२० सालापर्यंत अपरिचित असलेली क्लोरिन व कार्बनची  $C_2Cl_6$  आणि  $C_2Cl_4$  ही संयुगे त्यांनी बनविली. त्यांचे विज्ञान-जगतातले पहिले महत्त्वाचे योगदान होते, बेन्झिनचा शोध. तो त्यांनी १८२५ साली लावला. १८३२ मध्ये त्यांनी विद्युत-विच्छेदनाची (इलेक्ट्रोलिसिसची) प्रक्रिया शोधून काढली. त्याबरोबरच त्या प्रक्रियेची नियामक तत्त्वेही स्पष्ट केली. विशेष म्हणजे गणिताचे प्रशिक्षण नसताना त्यांना ते साधले. विद्युतकर्षुकीय प्रवर्तन (इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक इंडक्शन) शक्य आहे, हे त्यांनी स्वतंत्रपणे दाखवून दिले (जोसेफ हेन्‍रींनीही ते सिद्ध केले होते.) त्या तत्त्वाचा उपयोग करून त्यांनी एक विद्युत जनरेटर बनवला आणि पहिला ट्रान्सफॉर्मर बनविण्याचा मानही मिळवला. गुडिंग आणि जेम्स ह्यांनी फॅरडेच्या कामाची महती फार सुंदर रितीने सांगितली आहे. ते लिहितात,

'मायकेल फॅरडे हे अठरा व एकोणीस अशा दोन्ही शतकांवर स्वार झाले होते. ते जन्मले तेव्हा प्रकाश वस्तुमान आहे, असे मानले जात होते. ते यौवनात येईतोवर तोच प्रकाश लहरी किंवा घनइथर असल्याचे त्यांनी पाहिले. इथरशिवाय विद्युतकर्षुकीय प्रारण ह्या कल्पनेचा त्यांनी पाया

घातला. ते जन्मले तेव्हा कर्षुकत्व हा गुण काही धातुपुरताच मर्यादित होता; त्या गुणाचे फॅरडॅनी सार्वत्रिकीकरण करून टाकले. ते जन्मले त्या काळात वीज हा एक प्रवाही पदार्थ समजला जाई, मनोरंजनासाठी विजेचे प्रयोग केले जात. त्या विजेला त्यांनी हालचालींची मालिका असे सिद्ध करून तिला सार्वजनिक उपयुक्ततेची वस्तू बनण्याच्या मार्गावर आणून सोडले. मॅक्सवेलने गणिताच्या आधारे तेच सिद्ध केले होते. फॅरडॅनी जे शोध लावले, त्यांचा तंत्रज्ञानाच्या मदतीने आपण रोजच्या व्यवहारात इतका उपयोग करीत असतो, की ते नसते, तर काय परिस्थिती झाली असती, कुणास ठाऊक !'



## प्रस्तावना

एखाद्या जुन्या पुस्तकाचे पुन्हा प्रकाशन करायचे ठरवले की अनेक प्रश्न विचारले जातात. 'इतकी वर्षे त्याचं प्रकाशन का झालं नव्हतं ?' त्या पुस्तकात एवढं काय लागून गेलं आहे ?' वगैरे. ह्यांची उत्तरे व्यक्तिगत मतावर अवलंबून असतील. पण जी पुस्तके श्रेष्ठ दर्जाची असतात, त्यांच्याबद्दल मात्र उत्तर एकच आणि स्पष्ट असते. अशाच एका पुस्तकाचे आमच्या विचक्षण वाचकासाठी प्रकाशन करीत असताना त्याच्या योग्यतेविषयी आमच्या मनात जराही शंका नाही.

समाधानाचे साधन म्हणून पुस्तकांकडे पाहण्याचा कल वाढत आहे. म्हणजे समाधान होण्याची खात्री नसली, तर लोक ते पुस्तक वाचत नाहीत. प्रायोगिक विज्ञानाचे जनक फ्रान्सिस बेकन ह्यांनी तर म्हटलेच आहे, "सर्व प्रकारचे ज्ञान हा मी माझाच प्रांत समजतो." ते पुढे म्हणतात, "वाचनाने माणूस पूर्ण होतो, सभामुळे तो तयार होतो आणि लिखाणाने तो अचूक होतो." काहीही वाचताना आपली भूमिका कोणती असावी, त्याविषयी ते मौलिक सल्ला देतात :

"वाचन करताना त्याला विरोध करणे किंवा ते चुकीचे ठरवणे अशी मानसिकता ठेवू नका; किंवा त्यावर पूर्ण विश्वास ठेवण्याच्या किंवा ते गृहीत धरण्याच्या भावनेनेही वाचन करू नका. त्यावर भाषण किंवा चर्चा करण्याच्या उद्देशाने वाचू नका. पण जे वाचाल, ते नीट तोलून-मापून त्याचा विचार करा."

बेकनच्या विधानात आज कुणाला तथ्य वाटेलच असे नाही. कारण पुस्तक वाचून संपल्यानंतर त्यात काय लिहिले होते याच्यावर विचार करण्यात वाचकांना रस असतोच, असे नाही. सुदैवाने ही गोष्ट प्रत्येक पुस्तक किंवा वाचक यांच्या बाबतीत खरी नाही. तसे झाले असते, तर मानवी संस्कृतीच्या उषःकालापासून जी ज्ञानाची ज्योत तेवत आहे, ती केव्हाच विझून गेली असती. वाचलेला मजकूर तोलून-मापून, त्यावर विचार करणारे वाचक आजही आहेत. त्यांचा पुस्तकांशी सर्जनशील संवाद होत असतो. उदाहरण घ्यायचे झाले, तर 'क्वांटम मेकॅनिक्स'चे जनक श्रॉडिंगर (१८८७-१९६१) यांनी 'जीवन काय आहे ?' हे पुस्तक लिहिले. ते वाचून कित्येक भौतिक शास्त्रज्ञ इतके प्रभावित झाले की, त्यांनी जीव-विज्ञानाचा सखोल अभ्यास केला व तिथे क्रांती घडवून आणली. थॉमस रॉबर्ट माल्थस (१७६६-१८३४) यांनी 'लोकसंख्या' या विषयावर अनेक निबंध लिहिले. ते वाचून चार्लस डार्विन (१८०९-१८८२) ला उत्क्रांतिवादाची कल्पना सुचली. त्यातूनच विज्ञानातल्या एक श्रेष्ठ ग्रंथाची 'ओरिजिन ऑफ स्पेशीज'ची निर्मिती झाली. चार्लस लील (१७९८-१८७५) चे 'भूशास्त्राची तत्त्वे', आयझॅक न्यूटन (१६४२-१७२७) यांची 'प्रिंसिपिया' आणि 'ऑप्टिक्स' ही पुस्तके, अँडम स्मिथ (१७२३-१७९०) यांचे 'वेल्थ ऑफ नेशन्स' ह्या पुस्तकांचा प्रभाव विचारवंतांच्या कित्येक पिढ्यांवर पडलेला होता. ह्या पुस्तकांमुळे माणूस आणि निसर्ग यांच्याबद्दलच्या जाणिवांत आमूलाग्र बदल घडून आला. लिहिल्या गेलेल्या पुस्तकांत अशी पुस्तके संख्येने कमी असतात.

महान विचारवंतांच्या मनात काय चालले आहे आणि माणसाला ज्ञान मिळवण्यासाठी किती गुंतागुंतीच्या प्रक्रियेतून जावे लागते, याची कल्पना त्या विचारवंतांची पुस्तके वाचून येऊ शकते; नव्हे, येतेच. ही पुस्तके मानवी ज्ञानाची परंपरा आणि सातत्य जपण्याचे काम करीत असतात. अशा पुस्तकांमुळेच आज आपण आपल्या पूर्वजांपेक्षा कितीतरी पुढे पाहू शकतो. विचारवंतांशी अशा प्रकारचा मौखिक किंवा लिखित संपर्क साधल्याने आपल्या दृष्टीचा आवाका वाढत असतो आणि पुढे जाण्यासाठी लागणारी माहिती आपण आपल्या आसमंतातून मिळवू शकतो. निरीक्षण, त्याचा

लावलेला अर्थ, मान्यता, शंका, ज्ञान आणि विवेक या प्रकारचा संपर्क प्रगत होत असतो. वैज्ञानिक कार्यप्रवणतेचा हाच गाभा असतो.

चांगली आणि परवडणारी अशी पुस्तके दुर्मिळ होऊ लागली आहेत. अलीकडे चांगली पुस्तके निघाली नाहीत आणि पूर्वीची पुस्तके उपलब्ध होत नाहीत. चालू शिक्षणपद्धतीत मुलांना चांगली पुस्तके वाचायला उद्युक्त करावे याची शिक्षकांना जरूर वाटत नाही. अशा पुस्तकांशी शिक्षकांचा परिचयही नसण्याचा अधिक संभव असतो. ह्याचा परिणाम असा होतो की, जिज्ञासू व चौकस मुलांना वाचायची संधी मिळत नाही. आता डॉ. सलीम अलीचे भारतीय पक्षांसंबंधीचे पुस्तक प्रत्येक पक्षी-निरीक्षकाने वाचायलाच पाहिजे. आजकाल सर्व विषयांवर पुस्तके लिहिली गेली आहेत. कोळी, मधमाशा, साप, मासे, इतर प्राणी, खेळणी, चित्रे, लोक व त्यांच्या सवयी, नद्या, पर्वत वगैरे. काही पुस्तके आपली सौंदर्यदृष्टी बदलतात; तर काही पुस्तकांमुळे भूतकाळाविषयी आपल्याला वेगळीच दृष्टी मिळते. काहीमुळे आपण पर्यावरणाविषयी सजग होतो; तर काही पुस्तके आपल्याला ग्रह-तारे-नक्षत्रे यांची माहिती पुरवतात. काही विश्वातल्या नैसर्गिक घडामोडींचे दर्शन घडवतात; तर काही अज्ञाताचा शोध घेण्यास मार्गदर्शन करतात. पण याचा अर्थ, पूर्ण माणूस होण्यासाठी आपण ही सारी पुस्तके वाचली पाहिजेत.

आपण किती वाचू शकणार ? याचे उत्तर बेकन यांनीच दिले आहे. ते म्हणतात, "काही पुस्तकाची नुसती चव घ्या, काही गिळून टाका, काही थोडी चावून पचवा. म्हणजे काही पुस्तकातले काही भाग वाचायचे; तर काही संपूर्ण वाचा, पण वरवर. काही पुस्तके मात्र नीट लक्ष देऊन, परिश्रमपूर्वक अथपासून इतिपर्यंत वाचा."

आता चांगले पुस्तक कसे ठरवायचे ? चांगल्या पुस्तकाचा उद्देश चांगल्या शिक्षकाप्रमाणे प्रेरणा देणे, हा असला पाहिजे. पुस्तक वाचून वाचक त्यातल्या मजकुराच्या (संदेशाच्या) पलीकडे पहायला उद्युक्त झाला पाहिजे. नव्या कल्पना हाताळायला तो तयार व्हावा, चर्चिलेल्या विषयाची खोली त्याला



जाणवली पाहिजे; एवढेच नाही, तर त्या विषयाशी त्याचे नाते जुळलेले असावे. म्हटलेच आहे, “शिक्षक शिकवतो, चांगला शिक्षक समजावून देतो, अधिक कार्यक्षम शिक्षक उदाहरणे देऊन स्पष्ट करतो; पण उत्तम शिक्षक प्रेरणा देतो.” हे पुस्तकांच्या बाबतीतही लागू पडते.

माणूस आणि त्याच्या सभोवतालची परिस्थिती यांचा पद्धतशीर अभ्यास म्हणजे विज्ञान. रोज आपण कित्येक घटनांना सामोरे जात असतो. त्यातल्या काही नैसर्गिक असतात; तर काही माणसाने घडविलेल्या असतात. आज माणसाने जे काय मिळवले आहे, ते सर्व त्याने केलेल्या नैसर्गिक घडामोडींच्या पद्धतशीर अभ्यासावरच उभे आहे. किंवा असे म्हणता येईल की, ते सर्व आपण निसर्गाकडूनच शिकलो आहोत. पण या निसर्गाशी संवाद कसा साधायचा ? त्याच्याशी बोलता तर येत नाही. तसेच आपल्याला जे माहिती असणे आवश्यक असते, ते सरळ दिसत नाही; ते लपलेले असते. सूक्ष्म आणि सातत्याने केलेले निरीक्षण, त्यावरून काढलेले अनुमान यातूनही आपण पुष्कळ काही शिकू शकतो. पण सरळ दृष्टीस न पडणाऱ्या घटनांबद्दल मात्र आपल्याला काही प्रश्न विचारावे लागतील. उदा. जीवनासाठी आवश्यक हवा आपण श्वासाद्वारे घेत असतो, ती हवा एक मूल स्वरूपाचा पदार्थ आहे, की अनेक पदार्थांचे मिश्रण आहे ? जर ते मिश्रण असेल, तर त्यातला कोणता पदार्थ आपल्या जीवनाला उपयोगी असतो ? अर्थात असे प्रश्न विचारल्यास उत्तर मिळणार नाही. त्याकरता आपल्याला प्रयोग करावे लागणार. त्यातूनही आपल्याला अचूक उत्तर मिळेलच, असे नाही. योग्य उत्तर हे तुमच्या प्रयोगाच्या स्वरूपावर अवलंबून राहील.

प्रयोग म्हटले की, विशेष उपकरणे व साहित्य यांनी भरलेली प्रयोगशाळा, आणि वैज्ञानिक म्हणवून घेणाऱ्या व्यक्ती आपल्या डोळ्यासमोर उभ्या राहतात. खरे तर नेहमी असेच असण्याची गरज नाही. विज्ञानामध्ये विशेष तालीम मिळाली नसली, तरी आपण प्रयोग करू शकतो; निसर्गातून उत्तरे मिळवू शकतो. अशा साध्या प्रयोगांच्या खटपटीत असलेला एखादा मायकेल फॅरडे आपल्याला गवसेल, कुणी सांगावे ? रबरी नळी, नळाची चावी, नळ्या,

स्पिरिटचा दिवा अशा प्राथमिक स्वरूपाच्या उपकरणांनीही प्रयोग करता येतात. आपले उत्तर मिळवण्यासाठी कोणता प्रयोग करावा, हे मात्र त्या माणसाच्या कल्पकतेवर ठरेल.

ज्या श्रेष्ठ वैज्ञानिकांच्या कामाने विज्ञान-तंत्रज्ञानाचा पाया घातला, ते वैज्ञानिक साधी उपकरणे वापरूनच आपले प्रयोग करीत असत. फॅरडेनी तसेच केले. एक बाटली आणि लाकडाचे तुकडे घेऊन त्यांनी विद्युत-जनरेटर बनविला होता. त्या जनरेटरचा उपयोग करूनच त्यांनी विजेसंबंधीच्या काही घटना तपासल्या. सुदैवाची गोष्ट अशी होती की, सुरुवातीच्या काळातल्या त्या श्रेष्ठ वैज्ञानिकांनी आपले अनुभव सांगितले, त्यांनी व्याख्याने दिली, कालांतराने ती व्याख्याने छापली गेली, काहींनी पुस्तके लिहिली. त्यातली काही पुस्तके आजही पुन्हा वाचली जातात. ज्यांना स्वतःला विज्ञान मुळातून समजून घ्यायचे आहे किंवा दुसऱ्यांना समजावून घ्यायचे आहे, त्यांना ही पुस्तके फार मौल्यवान वाटतात.

‘मेणबत्तीचा रासायनिक इतिहास’ हे फॅरडेनी पुस्तक म्हणून लिहिले नव्हते. १८६०-६१ च्या नाताळाच्या सुद्धीत त्यांनी तरूण मुलांपुढे प्रात्यक्षिकांसह एक व्याख्यानमाला सादर केली होती. त्या व्याख्यानांच्या ह्या टंकलिखित प्रती होत्या. फॅरडे जगातील एक महान प्रयोगशील वैज्ञानिक होते. प्रयोग-प्रात्यक्षिके दाखवून विज्ञान शिकवणे, ह्यावर त्यांचा फार मोठा भर होता. संशोधक आणि विज्ञान-शिक्षक म्हणून त्यांनी जे यश मिळवले, त्या यशामुळे प्रयोग आणि निसर्गाविषयीचे ज्ञान या दोन्हीतला संबंध दृढ झाला. प्रयोग म्हणजे निसर्गापासून शिकण्याचे साधन, असे समजूनच ते आपले प्रयोग करीत. आपल्या श्रोत्यांनी स्वतःला निसर्गाच्या शाळेतले विद्यार्थी समजावे, असे त्यांना वाटे. त्यांचे प्रयोग खऱ्या अर्थाने खुले होते. प्रयोगांच्या माध्यमातूनच ते इतरांना घटनांचे दर्शन करून देत. त्यांची साधने, उपकरणे आणि तंत्रे इतकी स्पष्ट असत की, पाहणाऱ्यांना प्रयोग समजण्यात काही अडचण येत नसे. त्यांच्या प्रयोगांमुळे घटना सहज

स्वयंसिद्ध होत असत.

ही व्याख्याने वाचून फॅरडॅनी दाखविलेली प्रात्यक्षिके करून बघण्याचा मोह वाचकांना आवरणार नाही, अशी आमची खात्री आहे. तसे केल्यावरच प्रयोगांचे परिणाम आणि त्यातून प्रतीत होणारे शिक्षण यातला संबंध किती रोचक असतो, ते आपल्या लक्षात येईल. पुस्तक नुसते वाचून आपल्या मनावर जो काय ठसा उमटेल, त्याहून हे कितीतरी सखोल असेल.

## मूळ इंग्रजी पुस्तकाची प्रस्तावना

कुठे प्राथमिक अवस्थेतली पाइन लाकडाची मशाल आणि कुठे पॅराफिनची मेणबत्ती ! दोन्हीत केवढा फरक ! आणि एकापासून दुसऱ्यापर्यंत पोहोचायला काळ तरी किती जावा लागला ! रात्री आपली घरे उजळण्यासाठी माणसाने केलेले प्रयत्न आणि वापरलेली साधने काय दाखवतात ? माणसाच्या सांस्कृतिक विकासाच्या आलेखातले त्याचे स्थान दाखवतात. भाजलेल्या मातीच्या ओबडधोबड पणतीत वंगणासारखे काळे तेल घालून पेटवलेले दिवे, सुबक आकाराचे पण दिवा म्हणून बेताचेच असे प्राचीन वापरात असलेले एट्रुस्कन दिवे, एस्किमो किंवा लॅप लोकांच्या झोपड्या उजेडापेक्षा उग्र वासाने भरून टाकणारे, देवमासे, सीलमासे किंवा अस्वले यांची चरबी जाळून पेटवलेले दिवे, येशूच्या मंदिरातल्या अल्टारवर चमकणाऱ्या मोठ्या मेणबत्त्या, रस्त्यांवरच्या गॅसबत्त्या, ह्या सगळ्यांना आपापल्या कहाण्या आहेत. त्यांना बोलता आले असते, तर (त्यांच्या भाषेत कदाचित ते बोलतही असतील) आपण माणसाच्या आरामाकरता, त्याच्या गृहप्रेमाकरता, त्याचे कष्ट आणि निष्ठा यात आपले किती योगदान आहे, ते सांगतील आणि ते ऐकून आपण सुखावून जाऊ.

प्राचीन काळापासून होऊन गेलेले लक्षावधी अग्निपूजक आणि अग्निचा वापर करणारे यांच्यापैकी काही जणांनी तरी अग्निचे गूढ उकलण्याचा नक्कीच प्रयत्न केला असेल; आणि त्यांच्यापैकी निदान काही जण तरी उत्तराच्या जवळ जाऊन पोहोचले असतील. माणूस अगदी अडाणी होता, त्या काळाची कल्पना करा. आणि उत्तर मिळण्याकरता लागलेल्या कालावधीची कल्पना करा. तो कालावधी इतका थोडा म्हणजे जेमतेम एका माणसाच्या आयुष्याइतका होता.

कणाकणाने, कडीकडीने तर्काची साखळी घडवली गेली. त्यातल्या घाईघाईत घडवलेल्या तकलुपी कड्या गळून गेल्या, त्यांच्या जागी मजबूत कड्या बसवल्या गेल्या; आणि विश्वातील घडामोडी ज्ञात झाल्या. सर्वसाधारण आराखडा अचूकपणे आणि निश्चितपणे आखला गेला आहे. रिकाम्या जागा कुशल कारागीर बरोबर भरून काढत आहेत. ही व्याख्याने ज्या मुलाला समजतील, त्याला ॲरिस्टॉटलपेक्षा अग्निचे अधिक ज्ञान झाले, असे म्हणायला हरकत नाही.

मेणबत्तीच्या उजेडामुळे निसर्गातल्या अंधाराच्या जागा उजळत आहेत. ब्लो-पाइप आणि प्रिझम यांच्यामुळे पृथ्वीच्या कवचाबद्दल अधिक माहिती मिळत आहे. पण तरी मशालीचा क्रमांक पहिलाच राहिला पाहिजे.

ह्या पुस्तकाच्या वाचकांपैकी थोडे तरी ज्ञानाचे भांडार वाढवायचे काम अंगावर घेतील. विज्ञानाचा दिवा सतत तेवत राहिला पाहिजे.

- विल्यम कुक्स

व्याख्यान पहिले

## मेणबत्ती : ज्योत - उगम - रचना - हालचाल - तेज

या व्याख्यान-सत्रात काय चालते, हे पाहण्याच्या उत्सुकतेने तुम्ही इथे आलात, हा मी आमचा सत्कारच समजतो. त्याला दाद म्हणून मी तुम्हाला मेणबत्तीचा रासायनिक इतिहास सांगणार आहे. यापूर्वीही मी हा विषय व्याख्याना करता घेतला होता आणि व्याख्यानाचा विषय निवडण्याचे जर माझ्यावर सोपवले, तर प्रत्येक वर्षी मी हाच विषय निवडेन. तो विषयच तसा आहे. त्याची रोचकता अनेकविध आहे. विज्ञानाच्या वेगवेगळ्या शाखा यात कशा सामावल्या आहेत, हे पाहून आपण चकित होऊन जातो. मेणबत्तीच्या संदर्भातल्या घडामोडी विलक्षण असतात. आपल्याला माहीत आहे की, या विश्वाचा प्रत्येक भाग कोणत्या ना कोणत्या तरी नियमाने बांधला गेला आहे. या नियमांपैकी मेणबत्तीच्या संदर्भात नाही, असा नियम सापडणे कठीण आहे. विज्ञानाचा अभ्यास करायचा असेल, तर मेणबत्तीचे पदार्थ-वैज्ञानिक गुणधर्म शिकून घ्या. विज्ञानाच्या क्षेत्रात प्रवेश करण्याचा याहून चांगला मार्ग सापडणार नाही. याच कारणाने मी त्या विषयाची निवड केली आहे. त्याच्याइतका चांगला आणखी एखादा विषय मला कदाचित् मिळू शकला असता; पण त्याहून सरस विषय मिळण्याची मात्र शक्यता नाही.

व्याख्यानाला सुरुवात करण्यापूर्वी आणखी एक गोष्ट तुम्हाला सांगतो. मुळात हा विषय महत्त्वाचा आहे. तो आपण गंभीरपणे आणि प्रामाणिकपणे हाताळणार आहोत. आपल्यापैकी ज्या व्यक्ती वरिष्ठ आहेत, त्यांना उद्देशून हे व्याख्यान असणार नाही. ज्या मुलांकरता हे व्याख्यान आहे, त्यांच्याशी त्यांच्या भाषेत बोलण्याचा माझा हक्कच आहे. पूर्वी मी तसा बोललो आहे आणि आताही बोलणार आहे. त्याला आपण हरकत घेऊ नये. मला असलेले ज्ञान मुलांना समजेल, अशा भाषेतच मी सांगणार आहे. मुले मला सर्वांत जवळची वाटतात. त्यांच्याशी आपलेपणाने बोलण्यात भाषेचा अडथळा

नसावा, असे मला वाटते.

माझ्या प्रिय मुला-मुलींनो, आधी तुम्हाला मेणबत्ती कशापासून बनवतात, हे सांगितले पाहिजे. काही गोष्टी अतिशय कुतुहलाच्या असतात. इथे काही ढलप्या आहेत, झाडांच्या फांद्या आहेत; आणि जळणासाठी त्या विशेष प्रसिद्ध आहेत. आणि हा एक विशेष कुतुहलाचा पदार्थ पहा. हा आयर्लंडमधल्या दलदलीच्या प्रदेशामधल्या जमिनीत मिळतो. टणक व दणकट असा हा पदार्थ उत्तम रितीने जळतो. त्याला 'कॅडलवुड' असेच म्हणतात. जिथे तो सापडतो, तिथे त्याचे लांबडे तुकडे करून मशालीसारखा किंवा दिव्यासारखा उपयोग करतात. एखाद्या मेणबत्तीसारखा जळून तो चांगला उजेड देतो. मेणबत्तीचे गुणधर्म दाखवण्याकरता त्याचे उदाहरण देता येते. त्यात इंधन असते. ज्या बाजूला तो जळत असतो, तिथपर्यंत हे इंधन पोहोचत राहते; हवेचा नियमित व ओघवता पुरवठा होत राहतो. ह्या सगळ्या गोष्टी या कॅडलवुडमध्ये होत राहतात. थोडक्यात म्हणजे उष्णता व प्रकाश पुरवणारी ती एक नैसर्गिक मेणबत्तीच आहे.

बाजारात मिळतात अशा मेणबत्त्यांविषयी आता तुम्हाला काही माहिती सांगतो. इथे माझ्याजवळ एक-दोन मेणबत्त्या आहेत, त्यांना डिप्स म्हणतात. त्या मेणबत्त्या बनविण्याची एक विशिष्ट पद्धत असते. कापसाची लांब वात करून ती वितळवलेल्या चरबीत बुडवतात. बाहेर काढून वितळलेली चरबी थंड होऊ देतात आणि पुन्हा ती गरम चरबीत बुडवतात. असे पुनः-पुन्हा करून त्या वातीवर चरबी चढवत जातात. ह्या मेणबत्त्या आकाराने बारीक असतात. त्यांचे काही फायदे असत. ते काय होते ? कोळशाच्या खाणीत काम करणारे कामगार ह्या मेणबत्त्या घेऊन खाणीत जात असत. त्या काळात कामगारांना उजेडासाठी आपापल्या मेणबत्त्या आणाव्या लागत. खाणीत कार्बन व हायड्रोजन यांच्या मिश्रणाने एक स्फोटक वायू तयार होतो, त्याला 'फायर डॅप' म्हणतात. या फायरडॅपला मोठ्या मेणबत्तीने लगेच आग लागते, तशी बारक्या मेणबत्तीने लागत नाही, अशी तेव्हा लोकांची समजूत होती.

त्यामुळे कामगार ह्या मेणबत्त्या घेऊन खाणीत जात असत. दुसरा फायदा म्हणजे, त्या स्वस्त असत. एक पाँडाला २०, ३०, ४० आणि कधी-कधी तर ६० मेणबत्त्याही मिळत. पुढील काळात त्या मेणबत्त्यांच्या जागी स्टील मिल आणि त्यानंतर डेव्हीचा दिवा <sup>२</sup> असे सुरक्षित दिवे आले.

आता ही एक मेणबत्ती पहा. **रॉयल जॉर्ज** \* या जहाजातून कर्नल पास्ली यांनी ही मेणबत्ती काढली, असे म्हणतात. ते जहाज कित्येक वर्षे समुद्राच्या तळाशी होते; त्यामुळे त्या मेणबत्तीवर खाऱ्या पाण्याची सतत क्रिया होत होती. त्यावरून मेणबत्ती किती उत्तम रितीने टिकू शकते, हे दिसून आले. तिला तडे गेले असले, ती अनेक ठिकाणी मोडली असली, तरी पेटवली की, नीटपणे जळत राहते. जळू लागली की, उष्णतेने वितळून चरबी पुन्हा एकसंध होऊन जाते.

माझे मित्र श्री. फिल्ड यांनी मेणबत्तीचे अनेक नमुने आणि मेणबत्ती बनविण्यास लागणारे बरेच पदार्थ आणून दिले आहेत. आता ते काय आहेत, ते बघू या. प्रथम हे 'स्ट्युइट' पहा. <sup>१</sup> ही रशियन बैलाची चरबी आहे. डिप्स् प्रकारच्या मेणबत्त्या बनविण्याकरता ही चरबी वापरत असत. पण मग गे लुसाकने <sup>३</sup> स्वतःहून किंवा त्याला कुणीतरी माहिती दिली म्हणून, ह्या स्ट्युइटचे रूपांतर स्टिअरिन <sup>४</sup> नावाच्या एका सुंदर पदार्थात केले. हा तो पदार्थ पहा. या स्टिअरिनमुळे आज मिळणाऱ्या मेणबत्त्या पूर्वीच्या मेणबत्त्यांसारख्या तेलकट किंवा ओशट असत नाहीत. त्या इतक्या स्वच्छ आणि खुटखुटीत असतात की, त्यातून गळणारे थेंब खरवडले किंवा कुठले, तरी कोणतीही वस्तू खराब होत नाही. गे लुसाकने स्ट्युइटवर पुढील प्रक्रिया केली. ती चरबी प्रथम भाजलेल्या चुनखडीच्या <sup>५</sup> पाण्यात उकळली, तेव्हा

\* २९ ऑगस्ट १७८२ या दिवशी रॉयल जॉर्ज नावाचे जहाज समुद्रात बुडाले. कर्नल पास्ली यांनी त्या जहाजातल्या वस्तू (समुद्रातून) बाहेर काढण्याची सुरुवात केली, तोवर १८३९ सालचा ऑगस्ट महिना उजाडला होता. आणि श्री. फॅरडे यांनी जी मेणबत्ती दाखवली, ती जवळ-जवळ ५७ वर्षे खाऱ्या पाण्यात पडलेली होती. तितकी वर्षे खाऱ्या पाण्याची क्रिया त्या मेणबत्तीवर होत होती.

त्याच्यापासून एक साबण बनला. त्या साबणाचे सल्फ्युरिक आम्लाच्या सहाय्याने विघटन केले. विघटन झाल्याने चुना बाहेर पडून राहिलेल्या चरबीच्या घटकांची पुनर्रचना झाली. त्यातूनच स्टिअरिक आम्ल मिळाले आणि त्याच वेळी ग्लिसरिनही <sup>६</sup> तयार झाले. या रासायनिक बदलामुळे चरबीतून ग्लिसरिन बाहेर पडते. ग्लिसरिन हा साखरेइतका गोड पदार्थ आहे. खरे तर **चरबी** \* म्हणजे निरनिराळ्या आम्लांशी झालेले ग्लिसरिनचे संयुगच असते. ही चरबी विशिष्ट पद्धतीने शुद्ध करीत गेले की, एक घन पदार्थ मिळतो. तो वितळवून साच्यात ओतून मेणबत्त्या बनविल्या जातात. माझ्या हातातली मेणबत्ती स्टिअरिनची बनविलेली आहे आणि ते स्टिअरिन चरबीपासून बनविलेले आहे. आता ही आणखी एक मेणबत्ती पहा. ती स्पर्मासेटिक देवमाशाच्या शुद्ध केलेल्या चरबीपासून बनविलेली आहे. तिला 'स्पर्म मेणबत्ती' असे म्हणतात. आणि त्या शुद्ध केलेल्या चरबीला <sup>७</sup> 'स्पर्मसेटी' म्हणतात. तसेच माझ्यापाशी पिवळे आणि शुद्ध केलेले मेणही आहे.

जे मेण मधमाशांच्या पोळ्यातून काढलेले असते, त्याच्यापासूनही मेणबत्त्या बनवितात. हा आणखी एक पदार्थ बघा. त्याला पॅराफिन <sup>८</sup> म्हणतात. ह्या काही मेणबत्त्या पॅराफिनपासून बनविल्या आहेत. हे पॅराफिन

\* चरबी म्हणजे आम्लांचे ग्लिसरिनशी झालेले संयुग असते. चुना चरबीतल्या पाल्मिटिक, ऑलिसिक आणि स्टिअरिक या आम्लांशी एकजीव होतो आणि ग्लिसरिनला वेगळे काढतो. त्यातून जो लाइम साबण मिळतो, तो न विरघळणारा असतो. तो धुवून सल्फ्युरिक आम्लाच्या पातळ आणि गरम मिश्रणात टाकला, की त्याचे विघटन होते. त्यातली चरबीयुक्त तेले वर तरंगायला लागतात. ते तवंग पातळ थाळ्यात ओततात. ते थंड झाले, की नारळाच्या चट्यांमध्ये ठेवून त्याच्यावर जलशक्तीने तीव्र दाब देतात. दाबामुळे त्यातून सौम्य असे ओलिसिक आम्ल पिकून बाहेर निघते. पाल्मिटिक आणि स्टिअरिक आम्ले आतच राहतात. त्यांच्यावर पुन्हा दाब देतात. यावेळी दाब देताना त्याचे उष्णतामानही वाढवतात. नंतर कोमट आणि पातळ अशा सल्फ्युरिक आम्लात धुवून ते आणखी शुद्ध करतात. यानंतर मेणबत्ती करण्यास योग्य असा पदार्थ तयार होतो. ही आम्ले चरबीपासून मिळाली असली, तरी ती चरबीपेक्षा अधिक टणक व पांढरी असतात. तशीच ती स्वच्छ आणि ज्वलनास अधिक योग्य होतात.

आयर्लंडच्या दलदलीच्या जमिनीतून मिळाले आहे. आणखी एक अगदी अनोखा पदार्थ माझ्याजवळ आहे. जपानसारख्या आडवाटेच्या दूरच्या प्रदेशात इंग्रजांनी जेव्हा जबरदस्तीने प्रवेश केला होता, तेव्हा तिथे हा पदार्थ आढळला. तिथूनच माझ्या एका मित्राने तो पाठवला आहे. आता मेणबत्त्या बनविण्याकरता एक नवीन पदार्थ मिळाला, असे म्हणायला हरकत नाही.

मेणबत्त्या कशा बनवतात ? डिप्स प्रकारच्या मेणबत्त्या कशा बनवतात, ते मी मघाशी सांगितले. आता ओतीव मेणबत्त्या कशा बनवतात, ते सांगतो. साच्यात ओतता येईल अशा पदार्थापासून मेणबत्त्या बनवायच्या आहेत, अशी कल्पना करा. तुम्ही म्हणाल, “हे काय ? मेण हा तर वितळणारा पदार्थ आहे. तो वितळवून नक्कीच साच्यात ओतता येईल.” पण ते इतके साधे काम नाही. उत्पादनाची प्रगती होत असताना, जेव्हा आपण आपल्याला इष्ट तो परिणाम साधण्याकरता सुयोग्य अशी साधने शोधत असतो, तेव्हा काही वेळा अनपेक्षितपणे सरस गोष्टी घडून येतात. तो मोठा सुखद अनुभव असतो. मेणबत्त्या नेहमी साच्यात ओतून बनवता येत नाहीत. मेणापासून (वॅक्स) ओतीव मेणबत्त्या तर कधीच बनवता येत नाहीत. ते बनविण्याची एक वेगळीच पद्धत आहे. ती मी दोन मिनिटात सांगेन; पण त्यात आपण फार वेळ घालवता कामा नये. तसे पाहिले तर मेण इतके चांगले जळते, सहज विरघळते; पण तरी त्यापासून ओतीव मेणबत्ती बनवता येत नाही. पण ओतीव प्रकाराने बनवता येईल असा पदार्थ आपण घेऊ या. ही चौकट आहे. त्यावर साचे बसवले आहेत. पहिल्यांदा त्या साच्यात एकेक वात घालतात. ती एक वेणी घातलेली वात असते, तिला **स्नफिंग\*** लावावे लागत नाही. ही वात बारीक तारेच्या आधाराने साच्यात सोडतात. साच्याच्या तळाशी एक आकडा आहे; त्यात ही वात घट्ट पकडली जाते. त्यामुळे तळातले भोक बंद होते व साच्यात ओतलेला द्रव गळून जात नाही. साच्याच्या वरच्या बाजूला एक छोटा दांडा आहे; त्याच्यामुळे साच्यात वात ताणून धरण्यास मदत होते.

\* स्नफिंग म्हणजे बोरॅक्स किंवा फॉस्फरस क्षार वातींना चोळतात. यामुळे वातींची राख नीट जळते.

त्यानंतर चरबी वितळवून साच्यात ओततात. चरबी जरा थंड झाली की, जास्तीची चरबी चौकटीच्या एका कोपऱ्यातून ओतून टाकली जाते. मग साफसूफ करून वातींची टोके कापून टाकतात. आता साच्यात मेणबत्त्या राहतात. साचे जरा हलवले की, त्या बाहेर येतात. या त्रिशंकूच्या आकाराच्या मेणबत्त्यांचा वरचा भाग खालच्या भागापेक्षा अरुंद असतो. म्हणूनच चरबी थंड होऊन आकुंचन पावली की, मेणबत्त्या थोडे हलवले तरी साच्यातून बाहेर पडतात. स्टिअरिन आणि पॅराफिन या पदार्थापासून या पद्धतीने मेणबत्त्या बनवतात. मेणापासून (वॅक्स) मेणबत्त्या कशा बनवतात, हेही मोठे बघण्यासारखे आहे. चौकटीवर सुताच्या पुष्कळ वाती अडकवितात. त्या वातींच्या टोकांना धातूची टोपणे असतात. टोपणांमुळे मेण टोकांपर्यंत येत नाही. मेण जिथे वितळवत ठेवले आहे, तिथे या चौकटी घेऊन जातात. चौकटी गोल फिरवता येतात. त्या फिरवत असताना एकजण वितळलेले मेण भांड्याने चौकटीवर ओततो. सगळ्या चौकटींवर एकेकदा ओतून झाले की, पुन्हा पहिल्या चौकटीची पाळी येते. या प्रकारे सर्व वातींवर मेण चढवले जाते. मेणबत्तीची जाडी जेवढी हवी असेल, तितक्यांदा चौकटींवर मेण ओततात. मग त्या मेणबत्त्या काढून घेतात. श्री. फिल्ड यांनी या प्रकारच्या मेणबत्त्यांचे बरेच नमुने माझ्याबरोबर दिले आहेत. अर्धवट बनवलेल्या स्थितीतली ही मेणबत्ती पहा. पुरेशा जाड झाल्या की, या मेणबत्त्या काढून गुळगुळीत फरशीवर फिरवतात. नंतर त्यांच्या टोकांना त्रिकोणी आकार दिला जातो, खालची बाजू कापून, घासून नेटकी केली जाते. ही सर्व कामे सुबकपणे केली जातात. एक पॉड मेणापासून अशा चार ते सहा मेणबत्त्या बनवतात. अर्थात त्यांची जाडी कमी-जास्त करून आपल्याला हव्या तेवढ्या मेणबत्त्या बनवता येतात.

आता मेणबत्त्या कशा बनवतात, ह्यावर आणखी वेळ न घालवता या विषयात जरा खोलवर जाऊ या. मी तुम्हाला मेणबत्त्यांच्या सजवण्याबाबत काहीच सांगितलेले नाही. उजेडाकरता मेणबत्त्या वापरत असताना त्या सुंदर दिसाव्यात यासाठीही खटपट केली जाते. सुखासीनता तेथेही अनुभवाला



येते. अशा शोभिवंत मेणबत्त्यांचे काही नमुने इथे आहेत. त्यांचे विविध रंग पहा - फिका जांभळा, नाहीतर हा रांणी ! अलिकडेच शोधून काढलेले सर्व रासायनिक रंग<sup>१</sup> मेणबत्त्यांना देता येतात. आणि आकार तरी किती प्रकारचे आहेत, पहा. कोरीव खांबासारखी ही मेणबत्ती पहा. तसेच श्री. पियरसॉल या एका गृहस्थांनी पाठविलेल्या या शोभिवंत मेणबत्त्या पहा. त्या पेटल्या की, त्यांच्या डोक्यावर तळपणारा सूर्य आणि तळाशी फुले दिसतात. पण जे सर्व सुंदर दिसते, ते उपयोगी असतेच, असे नाही. आता या कोरीव काम केलेल्या मेणबत्त्या मनोहर दिसतात; तरी उपयोगाच्या दृष्टीने त्या तितक्या चांगल्या नाहीत. आणि त्याला त्यांचा हा आकारच कारणीभूत होतो. तरीही निरनिराळ्या ठिकाणांहून माझ्या मित्रांनी मला पाठविलेल्या मेणबत्त्या मी तुम्हाला दाखवतो; म्हणजे मेणबत्त्यांत कुठे कुठे काय काय करता येते ? ते तुम्हाला कळेल. मधाशी म्हटल्याप्रमाणे एखाद्या वस्तुंत जेव्हा तुम्ही शोभा किंवा सौंदर्य आणू पाहता, तेव्हा त्या वस्तुची थोडी उपयुक्तता सोडून घावी लागते.

आता आपण मेणबत्तीच्या उजेडाकडे वळू या. एक-दोन मेणबत्त्या पेटवून त्या कशा प्रकाश देतात, हे प्रत्यक्षच पाहू. मेणबत्ती दिव्याहून अगदी वेगळी आहे, हे नीट समजून घ्या. दिव्यात काय करतात ? तर थोडे तेल एका भांड्यात घेतात, त्यात शेवाळ किंवा कापूस वळून केलेली वात बुडवतात. वातीचे वरचे टोक पेटवतात. ती वात जळत-जळत तेलापर्यंत पोहोचते. तिथे ती विझून जाते; पण तिचे वरचे टोक मात्र जळत राहते. आता तुम्ही विचारणार की, तेल स्वतः जळत नाही; पण वातीतून वर चढून तिथे जळत राहते, हे कसे ? हे कसे घडते ते आपण नंतर पाहू. मेणबत्तीचे ज्वलन तर ह्यापेक्षाही आश्चर्यकारक असते. मेण हा एक घनपदार्थ आहे. त्याला कोणत्या भांड्याची गरज नाही. पण हा घनपदार्थ वातीतून वर चढतो कसा ? द्रवरूप नसून तो ज्योतीपर्यंत पोहोचतो कसा ? तसेच मेण वितळून द्रवरूप झाले, तरी जागच्या जागी कसे राहते ? हीच तर मेणबत्तीची खुबी आहे.

इथे चांगला वारा खेळतो आहे. आपल्या काही प्रयोगात वारा मदत

करतो; तर काही ठिकाणी त्याची आपल्याला अडचण होते. एखाद्या गोष्टीचा अभ्यास करताना बाहेरचे अडथळे आले, तर त्या वस्तुचे निरीक्षण बारकाईने कसे करता येईल ? आपला प्रयोग नियमित आणि सरळ व्हावा म्हणून मी एक स्थिर, शांत अशी ज्योत पेटवतो. कुणा एका महाभागाने मेणबत्ती स्थिरपणे जळत राहावी, विझू नये; म्हणून एक नामी युक्ती शोधून काढली. शनिवारी रात्री उशिरापर्यंत विक्री करणारा हातगाडीवाला किंवा रस्त्यावर उभे राहून भाजी व मासे विकणारा यांच्यापैकी कुणीतरी ही युक्ती शोधली असणार. मला त्या माणसाचे फार कौतुक वाटते. मेणबत्तीभोवती सुरईच्या आकाराची काच बसवतात. मेणबत्ती ज्या पृष्ठभागावर उभी असते, त्यावर वर्तुळाकार एक खाच केलेली असते. त्या खाचेत ही काच बसवतात. काच वर-खाली सरकवता येते. ज्योतीभोवती ही काच असल्याने ज्योत स्थिर राहते. त्याचा उपयोग करून आपल्या घरीही तुम्ही ज्योतीचे काळजीपूर्वक निरीक्षण करू शकाल आणि तसे तुम्ही कराल, असा माझा विश्वास आहे.

मेणबत्ती जळत आहे. तिच्या वरच्या बाजूला कसा खोलगट आकार होतो, बघा. चहुबाजूंनी हवा मेणबत्तीकडे येत असते. वात जळत असल्याने उष्ण हवेचा ऊर्ध्वगामी (वर जाणारा) प्रवाह निर्माण झालेला असतो. मेणबत्तीकडे येणारी थंड हवा मेणबत्तीच्या कडेला स्पर्श करीत असते आणि तेवढ्याने मेणबत्तीची कड थंड होत राहते. हे सतत घडत असल्याने वातीजवळच्या मेणापेक्षा बाहेरच्या कडेचे मेण (किंवा चरबी, इंधन काहीही) बरेच थंड राहते. वातीच्या ज्वलनामुळे वातीभोवतालचे मेण वितळते; पण सतत थंड हवेचा स्पर्श होत राहिल्याने बाहेरची कड घट्टच राहते. हा थंड हवेचा प्रवाह जर मी एकाच बाजूने येऊ दिला, तर मेणबत्तीच्या त्या बाजूचे मेण घट्ट राहील आणि दुसऱ्या बाजूने वितळलेले मेण खाली ओघळू लागेल. गुरुत्वाकर्षणाचा जो जोर या जगाला एकसंध ठेवतो, तोच जोर मेणबत्तीच्या वर तयार झालेल्या या खोलगट वाटीला आडवी ठेवतो. ही वाटी जर आडवी नसेल, तर (म्हणजे तिरकी झाली तर) मेण खाली वाहून जाऊ लागेल. पण मेणबत्तीच्या चहुबाजूंनी सारखी हवा येत राहते आणि नियमित असा

ऊर्ध्वगामी प्रवाह तयार होतो. त्याच्याबरोबर ही थंड हवाही वाहू लागते. त्यामुळे मेणबत्तीच्या बाहेरच्या अंगाचे मेण घट्ट राहते. ह्या विलक्षण घटनेमुळे मेणबत्तीत वाटीसारखा खोलगट भाग निर्माण होतो. अशी वाटी तयार होण्याचा गुण नसणारे कोणतेही इंधन मेणबत्तीला उपयोगाचे नाही. फक्त आयरिश बॉगवुड (आयर्लंडमधल्या दलदलीत तयार होणारा लाकडासारखा सेंद्रिय पदार्थ) हा एक अपवाद आहे. या स्पंजासारख्या पदार्थात इंधन सामावलेले असते. मेणबत्तीत असा कप तयार होणे, ही एक विलक्षण सुंदर घटना आहे. ज्या शोभिवंत मेणबत्त्यांचा आकार नियमित नाही, अशी एखादी मेणबत्ती आपण पेटवली असती, तर अशी वाटी तयार झाली नसती; कारण वाटीची कड सर्व बाजूंनी तयार झाली नसती. प्रक्रियेची उत्कृष्टता म्हणजे तिची उपयुक्तता, हाच सौंदर्याचा अधिक चांगला निकष असतो. म्हणजे वस्तू कशी दिसते यापेक्षा ती कशी उपयुक्त आहे हे बघणे आपल्याला हितावह होते, हे तुमच्या लक्षात आले असेल. ही शोभिवंत मेणबत्ती जळण्याच्या कामात कुचकामाची ठरते. तिच्या बाजूने मेणाचे ओघळ वाहतील. तिच्या अनियमित बाह्यांगांमुळे तिच्याकडे येणारा हवेचा प्रवाह एकसारखा असणार नाही आणि म्हणून तयार होणाऱ्या वाटीची कड एकसंध राहणार नाही. आता आपण एक उदाहरण पाहू. हे तुम्ही केव्हा ना केव्हातरी बघितले असणार. मेणबत्तीच्या एका बाजूने मेण ओघळत राहिले, तर काय होते ?

हवा मेणबत्तीच्या भोवतालून येत असते आणि वातीजवळच्या उष्ण प्रवाहाबरोबर वर जात असते. जिथून मेण ओघळते, तिथे मेणबत्तीची कड अधिक जाड होत राहते. मेणबत्ती जशी जळत राहते तसा ह्या जाड कडेवर मेणाचा एक खांबच उभा राहतो. तो मेणबत्तीपेक्षा उंच होतो. त्याच्याकडे येणारी हवा त्याच्या भोवती फिरू लागते व तो खांब अधिकच थंड होत राहतो. त्याच्या जवळच जळत असणाऱ्या वातीने निर्माण झालेल्या उष्णतेनेही तो वितळत नाही. मेणबत्तीच काय, इतर कोणतीही गोष्ट घ्या. त्यांच्या बाबतीत घडलेल्या मोठ्या चुका आपल्याला काही शिकवून जातात. त्या चुका घडल्या नसत्या, तर आपल्याला त्या गोष्टी समजल्या नसत्या. आपण इथे वैज्ञानिक व्हायला आलो आहोत. एक गोष्ट पक्की ध्यानात ठेवा

- जेव्हा काही परिणाम दिसून येतो, विशेषतः नवीन परिणाम, तेव्हा तुम्ही त्याला प्रश्न करायचा - याचे काय कारण असेल ? हे कसं घडलं ? कालांतराने तुम्ही निश्चित त्याचे कारण शोधून काढाल.

या मेणबत्त्यांबाबत आणखीही एक मुद्दा आहे. मेणबत्तीत वाटी तयार झाली. त्यात वितळून पातळ झालेले मेण (किंवा चरबी) आहे, ते वातीतून वर चढून ज्वलनाच्या जागी कसे पोहोचते ? तुम्हाला माहीत आहे की, मेणबत्त्या या मेण, स्टिअरिन, स्पर्मासेटी इत्यादी पदार्थांपासून बनविलेल्या असतात. त्यातली ज्योत वातीला जाळत-जाळत मेणापर्यंत पोहोचून सर्व मेण वितळवून टाकत नाही. ती फक्त वरच्या टोकाला जळत राहते; वितळलेल्या मेणाहून ती दूर रहाते. वाटीच्या कडेवर आक्रमण करीत ती कड वितळवून टाकत नाही. मेणबत्ती ही शेवटपर्यंत आपल्या एका भागाला दुसऱ्या भागाच्या मदतीला लावत असते. एका सुरळीत जुळणीचा असा सुंदर नमुना आणखी इतर कुठे बघायला मिळणार नाही. मेणासारखा ज्वालाग्रही पदार्थ सावकाश जळत राहतो. ज्योत त्याच्यावर आक्रमण करीत नाही. ज्योत मेणापाशी पोहोचली, तर सर्व मेण नष्ट करून टाकण्याइतकी शक्ती तिच्यात आहे, हे जेव्हा तुम्हाला कळेल, तेव्हा वरच्या घटना तुम्हाला एखाद्या चमत्कारासारख्या वाटतील.

ज्योतीला इंधन कसं मिळतं ? येथे केशाकर्षण\* ही क्रिया घडते. केशाकर्षण म्हणजे केशांचे आकर्षण ! तुम्ही म्हणाल की, असे नाव कसे ? तर मी सांगेन, नावाचा विचार करू नका. ह्या आकर्षणाची कुवत काय हे समजण्यापूर्वी हे नाव दिले गेले होते. पण ह्या प्रकारच्या आकर्षणामुळेच इंधन (चरबी, मेण वगैरे) वातीतून चढून ज्योतीपर्यंत पोहोचते आणि तेसुद्धा असे

\* केशाकर्षण आहे की नाही हे वेजाच्या नळीत द्रव चढतो किंवा नाही, त्यावरून ठरवता येते. दोन्ही बाजूंनी उघडी असलेली काचेची नळी पाण्यात बुडवली, तर त्यात पाणी लगेचच चढेल. त्या चढलेल्या पाण्याची पातळी बाहेरच्या पाण्याहून अधिक असल्याचे दिसून येईल. त्यालाच केशाकर्षण म्हणतात.

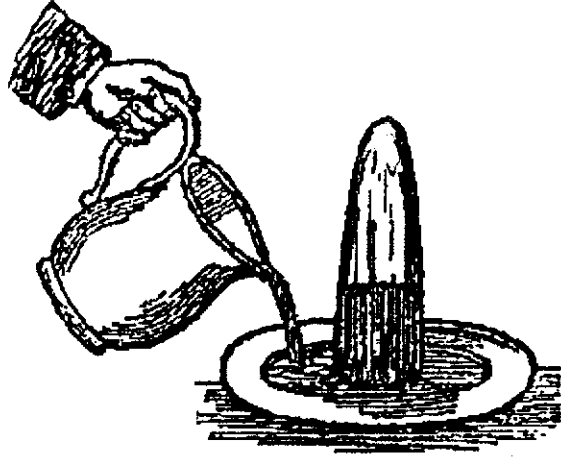
तसे नाही; तर अगदी शिस्तीत ज्योतीच्या मध्यात पोहोचते. ज्योत त्याच्या भोवती पेटत असते. केशाकर्षणाची आणखी दोन उदाहरणे तुम्हाला सांगतो. एकमेकात न विरघळणारे दोन पदार्थ केशाकर्षणाच्या क्रियेमुळे एकत्र राहतात. हात धुण्याकरता तुम्ही आधी नीट ओले करता; आणि मग त्याला साबण लावता. साबण लावल्याने हाताला पाणी अधिकच बिलगते. ते म्हणजे काय, हेच मी तुम्हाला सांगणार आहे.

समजा, तुमचा हात स्वच्छ आहे (हे रोजच्या धकाधकीत क्वचितच होते) आणि तुम्ही तुमचे बोट कोमट पाण्यात बुडवलेत, तर पाणी तुमच्या बोटावर चढते. ते यापूर्वी तुमच्या लक्षातही कधी आले नसेल. माझ्याकडे एक मिठाची कांडी आहे. ती सच्छिद्र आहे. आता एका बशीत पाण्यासारखा दिसणारा हा द्राव ओततो. हा द्राव म्हणजे मिठाचे संपृक्त मिश्रण आहे. म्हणजे ह्यात इतके मीठ विरघळवले आहे की, ह्यापेक्षा अधिक मीठ त्यात विरघळू शकणार नाही. हे संपृक्त मिश्रण घेण्याचे कारण असे की, मी जी क्रिया तुम्हाला दाखवणार आहे, ती मीठ विरघळल्यामुळे होऊ नये. या बशीत ही मिठाची कांडी उभी करतो. समजा, बशी म्हणजे मेणबती, द्राव म्हणजे वितळलेले मेण आणि मिठाची कांडी म्हणजे वात आहे. द्राव मी मुद्दाम रंगीत केला आहे; त्यामुळे तो कांडीत चढताना दिसू शकेल. मिठाची कांडी ढासळली नाही, तर हा द्राव अगदी वरच्या टोकापर्यंत चढेल. हा द्राव जर ज्वालाग्रही असता आणि मिठाच्या कांडीवर एक वात ठेवली असती, तर ते मिश्रण वातीत चढून जळू शकले असते. अशा प्रकारची क्रिया घडताना पाहणे, त्याच्या बाबतीतल्या विलक्षण घटना समजून घेणे, ही किती समाधानकारक गोष्ट आहे ! हात धुऊन तुम्ही हात टॉवेलला पुसता, तेव्हा टॉवेल ओला होतो. तेव्हा जे होते, तेच वातीच्या बाबतीत होते; म्हणून वात चरबीने ओली होते. कधी कधी मुले निष्काळजीपणे हात पुसून टॉवेल बेसिनच्या कडेवर टाकून निघून जातात. (मुलेच काय; पण मोठी माणसेही क्वचित असे करतात ! ) थोड्याच वेळात बेसिनमधले पाणी टॉवेलात शिरते आणि त्याच्या लोंबत्या टोकातून

जमिनीवर ठिबकायला लागते. येथे केशाकर्षणाबरोबर जणू **सायफनची** \* क्रिया सुरू होते. पदार्थ एकमेकांवर कशी क्रिया करीत राहतात, हे तुम्ही स्वतःच बघा. हे एक बारीक दोऱ्याच्या जाळीचे भांडे आहे. त्यात पाणी भरलेले आहे. या ठिकाणी कापडाशी व कापसाशी कशी क्रिया होते, हे पाहण्यासारखे आहे. काही वातीसुद्धा अशाच बनविलेल्या असतात. तुम्ही पाहताहात की, भांडे सच्छिद्र आहे. त्याच्या वरच्या कडेवर पाणी ओतले, तर ते खालपर्यंत वाहत जाईल. ह्या भांड्याची स्थिती काय आहे ? त्याच्या आत काय आहे ? आणि का आहे ? वगैरे प्रश्न तुम्हाला विचारले, तर तुम्ही गोंधळून जाल. भांड्यात पाणी भरले आहे तरी ते रिकामे असल्यासारखे पाणी आत शिरते आणि खालून गाळून जाते आहे. ते तसेच घडते हे दाखवण्याकरता भांडे रिकामे करावे लागेल. एकदा दोरी ओली झाली की, ती ओलीच राहते आणि जाळी इतकी बारीक आहे आणि द्रवाचे एका बाजूकडून दुसऱ्या बाजूकडे इतके जोरदार आकर्षण होते की, सच्छिद्र असूनही भांड्यात पाणी साठते. याचप्रमाणे वितळलेल्या चरबीचे कण वातीतून चढत वरच्या टोकाला पोहोचतात आणि परस्पर-आकर्षणामुळे चरबीचे इतर कणही त्यांच्या मागोमाग चढत राहतात व ज्योतीपर्यंत पोहोचून जळत राहतात.

ह्याच तत्त्वाचे आणखी एक उदाहरण पाहू. ही एक वेताची कांडी आहे. रस्त्यावरून हिंडणारी कित्येक मुले अशी कांडी पेटवून ती सिंगार असल्याच्या थाटात ओढतात, हे मी पाहिले आहे. त्यांना आपण मोठ्या माणसासारखे दिसावे, अशी हौस असते. पण कांडी जळत राहते ह्याचे कारण एका बाजूने जळत जाण्याची वेतामध्ये क्षमता असते. त्याचे कारण केशाकर्षण हेच आहे. आता कॅफेन<sup>१०</sup> ह्या बशीत ओतून मी ही कांडी उभी करतो. मघाशी मिठाचा द्राव जसा मिठाच्या कांडीत चढला, तसे हे कॅफेन वेताच्या कांडीत चढू लागेल.

\* केशाकर्षणाच्या तत्त्वावर झिंगे (नावाचे मासे) धुता येतील, हे ससेक्स येथील एका ड्यूकने प्रथम दाखवून दिले, असे म्हणतात. झिंग्यांचे पंखे काढल्यानंतर पाणी भरलेल्या पेल्यात त्याची शेपटी बुडवून डोकं बाहेर लोंबत ठेवले, तर पाणी शेपटीतून चढून डोक्यातून बाहेर ठिबकू लागेल. शेपूट पाण्यात बुडाले असेपर्यंत पेल्यातले पाणी बाहेर सांझत राहते.



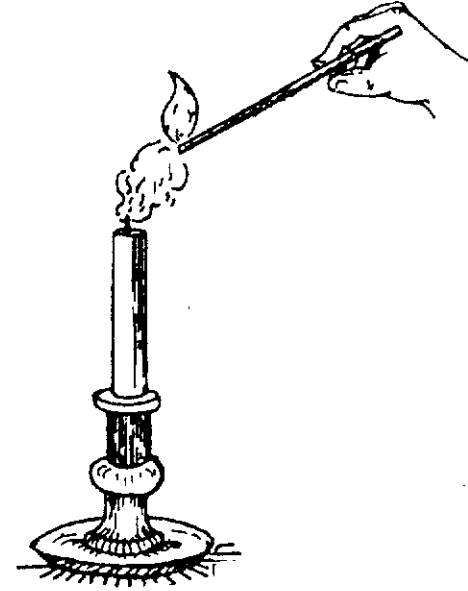
आकृती क्र. १

वेताच्या बाह्य सालीवर छिद्रे नसतात; त्यामुळे द्राव बाजूतून चढत नाही. पण एका टोकातून चढत-चढत तो दुसऱ्या टोकापर्यंत पोहोचतो. बघता-बघता द्राव वरच्या टोकाला पोहोचलासुद्धा. आता मी तिथे काडी लावली, तर मेणबत्तीसारखी ही वेताची काडी जळू लागेल. मेणबत्तीतल्या कापसाच्या वातीतून जशी चरबी चढत जाते, तशीच, त्याच तत्त्वावर, त्याच आकर्षणाने वेतातून हा द्राव चढत जातो.

मेणबत्तीची वात खालपर्यंत का जळत नाही ? त्याला एकच कारण आहे. एक तर वात जळत मेणापर्यंत गेली, तर तिथे ती विझून जाईल. जळती मेणबत्ती उपडी केली, तर वितळलेले मेण वातीवरून वाहू लागते आणि ज्योत विझते. कोणतेही इंधन पेट घेऊ लागण्यापूर्वी ते एका ठराविक तापमानापर्यंत गरम व्हावे लागते. तो त्या इंधनाचा ज्वलनांक असतो. मेणबत्ती उलटी केली, तर वाहणाऱ्या मेणाला तापायला पुरेसा वेळ मिळत नाही आणि ते वाहणारे मेण तर जळत नाहीच; पण ज्योतीजवळची उष्णताही त्याच्यामुळे कमी होते व ती विझून जाते. या उलट वातीतून केशाकर्षणाने जेव्हा थोडे-थोडे मेण वर

चढते, तेव्हा ते पुरेसे तापते आणि वातीच्या वरच्या टोकापाशीच जळत राहते.

मेणबत्तीच्या संदर्भात आणखी एक गोष्ट लक्षात घेण्यासारखी आहे, ती म्हणजे इंधनाची वायुरूप अवस्था. ही अवस्था समजून घेतल्याशिवाय मेणबत्तीचे शास्त्र आपल्याला उमजणार नाही. ते समजावून देण्याकरता मी एक साधा प्रयोग तुम्हाला दाखवतो. मेणबत्ती हळूच फुंकरली, तर त्यातून निघालेली वाफ आपल्याला दिसते. विझलेल्या मेणबत्तीचा उग्र वास तुम्हाला



आकृती क्र. २

माहीत असणार. मेणबत्ती जपून फुंकरलीत, तर तुम्हालाही ती वाफ दिसेल. आजुबाजूची हवा विस्कटून जाऊ नये अशा बेटाने मी ही मेणबत्ती फुंकरून टाकतो. ह्या विझलेल्या वातीपासून दोन ते तीन इंच अंतरावर पेटलेली काडी धरली, तर ती आग वाहत मेणबत्तीपर्यंत (विझलेल्या) पोहोचते, असे दिसून

येईल. पण हे सर्व वेगाने करावे लागते. विझलेल्या मेणबत्तीतून निघालेली वाफ थंड झाली की, तिचे द्रवरूप किंवा घनरूप मेण होऊन जाईल किंवा ती ज्वालाग्रही वाफ हवेत विखरून जाईल.

आता आपण ज्योतीचा आकार व स्वरूपाची ओळख करून घेऊ. वातीच्या टोकाशी मेण पोहोचते, तेव्हा तेथे काय परिस्थिती होते, हे जाणणे महत्त्वाचे आहे. ज्वलनामुळे किंवा ज्योतीमुळे त्या टोकाला सुंदर झळाळी निर्माण होते. आपल्याला सोन्या-चांदीची झळाळी माहीत आहे. रत्नांचा झगझगाट तर त्यापेक्षाही अधिक असतो. पण ज्योतीच्या झगझगाटापुढे त्यांचा झगझगाट फिकाच पडतो. हिरा ज्योतीसारखा का चमकतो? रात्री जर तो चमकत असेल, तर त्याचे कारण त्यावर पडलेला ज्योतीचा प्रकाश, हे होय. पण ज्योत अंधारातही झळाळून उठते. तिचा प्रकाश पडेपर्यंत हिरा अंधारात चमकत नाही. मेणबत्ती स्वतः झळाळते आणि ती आपल्याकरता किंवा जे कुणी ती पेटवतात त्यांच्याकरता उजळते. या काचेतून मेणबत्तीची ज्योत दिसत आहे, तिच्या आकारासंबंधी शिकू या. ज्योत ही स्थिर आहे आणि समाकृती (एकसारखी) आहे. तिचा आकार सर्वसाधारणपणे या चित्रातल्यासारखा असतो. मेणबत्तीचा आकार आणि भोवतालच्या हवेतील हालचाली या दोन्हींना अनुसरून ज्योतीचे आकारमान बदलते. लांबट आकाराच्या ह्या ज्योतीचा वरचा भाग खालच्या भागापेक्षा अधिक तेजस्वी असतो. मध्यात वात असते. वातीच्या खालच्या बाजूला काळा भाग दिसतो, याचे कारण तिथे वरच्या भागासारखे उत्तम ज्वलन होत नसते. पुष्कळ वर्षांपूर्वी हूकर या शास्त्रज्ञाने ज्योतीचे निरीक्षण करून तिचे चित्र काढले होते. ते माझ्याकडे आहे. ती ज्योत, खरे तर, दिव्याची आहे; पण मेणबत्तीच्या ज्योतीलाही ते चित्र लागू पडते. मेणबत्तीच्या वाटीच्या जागी इथे खोलगट भांडे (म्हणजे खरीच वाटी) आहे. वितळलेल्या मेणाच्या किंवा चरबीच्या जागी इथे तेल आहे. वात दोन्हीत सारखीच आहे. ह्या वातीच्या टोकावर हूकरने ज्योतीचे चित्र काढले आहे. आणि तिचे खरे खुरे स्वरूप आपल्यापुढे उभे केले आहे. अमुक एक पदार्थ वातीत चढलेला आपल्याला (खऱ्या ज्योतीत) दिसत नाही. एवढेच कशाला, पण तुम्ही इथे आला नसतात आणि

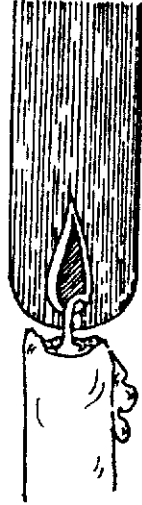
तुम्हाला या विषयाचा जराही परिचय नसता, तर वातीतून पदार्थ (तेल, मेण, चरबी वगैरे) चढतो, हे तुम्हाला कळलंही नसतं. हूकरने दिव्याभोवतीच्या वातावरणाचे काही अंश दाखवले आहेत. ते ज्योतीकरता उपयोगी असतात आणि सतत तिच्याबरोबर असतात. मघाशी मी सांगितल्यासारखा हवेचा प्रवाह तयार होतो आणि त्या प्रवाहामुळे ज्योत वर निघते. आपल्याला जी उभट ज्योत दिसते, ती ह्या प्रवाहामुळेच तशी होते. हूकरने आपल्या चित्रातही हा उभट-लांबट प्रवाह दाखवला आहे. तो तुम्हाला पहायचा असेल, तर



आकृती क्र. ३

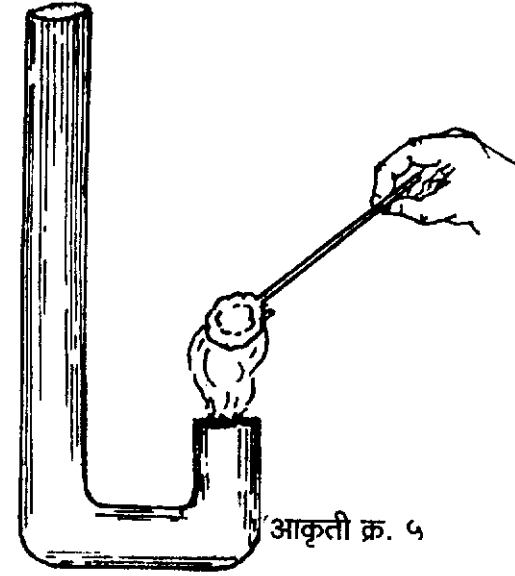
जळती मेणबत्ती घेऊन तिची कागदावर सावली पडेल अशा बेटाने उन्हात ठेवा. तसं पाहिलं तर, मेणबत्ती स्वतः प्रकाशमान असते; म्हणून ती इतर पदार्थांच्या सावल्या पाडू शकते. असे असले, तरी मेणबत्तीची सावली कागदावर पडू शकते. ह्या सावलीत ज्योतीच्या भोवतालून हवेचा प्रवाह वर जाताना दिसतो. तो काही ज्योतीचा भाग नाही. आणि तो वर जाताना ज्योतीलाही वर ओढतो. सूर्याच्या ऐवजी आता मी एका बॅटरीवर चालणारा दिवा लावतो. त्याचा झगमगीत प्रकाश पडेल. पडदा व दिवा यांच्या मध्ये

मेणबत्ती ठेवतो; म्हणजे पडद्यावर तिची सावली पडेल. मेणबत्तीची व तिच्या वातीची सावली पहा. त्यातला एक भाग काळा आहे; तो हूकरने आपल्या चित्रात दाखवला आहे. शिवाय आणखीही एक भाग ठळकपणे दिसतो आहे. ज्योतीच्या ज्या भागाची सावली सर्वात गडद किंवा काळपट आहे, तो भाग प्रत्यक्षात सर्वात चमकदार आहे. आता हूकरने आपल्या आकृतीत दाखवला आहे, तो गरम हवेचा प्रवाह कसा वर जात आहे, ते पहा. हा प्रवाहच ज्योतीला उभट करतो, तिला हवा पुरवतो आणि मध्यभागी खोलगट वाटीसारखा आकार तयार करतो (त्या वाटीच्या कडा ह्या हवेमुळेच थंड राहतात).



आकृती क्र. ४

हवेच्या प्रवाहामुळे ज्योत वर किंवा खाली ओढली जाते, हे दाखवण्याकरता मी आणखी एक उदाहरण देतो. माझ्याजवळची ही ज्योत मेणबत्तीची नाही हे खरे; पण साधारणपणे दोन ज्योतींची तुलना करता येते, हे तुमच्या लक्षात आले असेल. आता मी काय करणार आहे, तर ज्या ऊर्ध्वगामी - वर जाणाऱ्या - प्रवाहामुळे ज्योत उभी राहते, त्या प्रवाहाची दिशा बदलणार आहे. त्याला खाली वाहायला लावणार आहे. माझ्याजवळच्या ह्या उपकरणाने मी



ते सहज करू शकतो. ही ज्योत अल्कोहोलची आहे म्हणून तिचा धूर होणार नाही. तसेच मी दुसऱ्या एका पदार्थाच्या\* सहाय्याने ह्या ज्योतीला रंग आणतो. त्या रंगामुळे तुम्हाला ज्योतीच्या प्रवासाचा मार्ग स्पष्टपणे दिसेल. आता मी वात पेटवतो. हा दिवा वर धरला, तर त्याची ज्योत साहजिकच वर जाते. वातीच्या ज्वलनामुळे भोवतालची हवा तापून वर चढू लागते आणि तिच्याबरोबर ज्योतही वर ओढली जाते, हे तुम्हाला समजले आहे. माझ्याजवळची ही नळी ज्योतीजवळ नेतो व ज्योतीला फुंकर मारून ती ज्योत नळीत घालवतो. फुंकरीमुळे हवेचा प्रवाह दिशा बदलून नळीत जाऊ लागला, त्याच्याबरोबर ज्योतही नळीत शिरली बघा. ही व्याख्यान-माला संपण्यापूर्वी मी तुम्हाला असा दिवा दाखवेन की, ज्योत वर जाते; पण धूर खाली जातो; किंवा ज्योत खाली जाते आणि धूर वर जातो. आपल्याकडे ज्योतीची दिशा बदलण्याचे सामर्थ्य आहे.

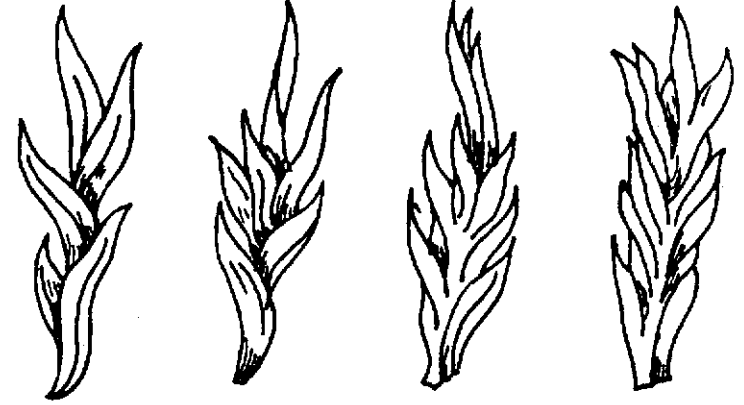
आता मी आणखी काही मुद्दे तुमच्या समोर मांडणार आहे. आतापर्यंत

\* अल्कोहोलमध्ये कॉपरचे क्लोराईड मिसळले, तर येणारी ज्योत हिरवी होते.



पाहिलेल्या ज्योतींकडे हवेचा झोत येत राहतो. त्या झोताच्या प्रवाहानुसार त्या बहुतेक ज्योतींचा आकार बदलत होता. पण पाहिजे असल्यास आपण ह्या ज्योतीला एखाद्या खुंटीसारखी स्थिर ठेवून तिचा फोटो काढू शकतो. फोटो तर काढलाच पाहिजे. त्याच्यामुळे ज्योत अगदी स्थिर राहील आणि आपण तिचे निरीक्षण करू शकू. पण एवढी एकच गोष्ट मला सांगायची नाही. मी जर एक भली थोरली ज्योत पेटवली, तर तिचा आकार एकसंध आणि एकसारखा राहत नाही. फांद्या फुटल्यासारख्या तिच्यातून अनेक ज्वाळा निघतात. मी एक वेगळेच इंधन वापरणार आहे. ते मेणाचे किंवा चरबीचे प्रतिनिधित्व करील. हा कापसाचा बोळा बघितलात ? ती आपली वात समजू या. हा बोळा स्पिरिटमध्ये बुडवून पेटवतो. साध्या मेणबत्तीपेक्षा हा कसा वेगळा आहे ? एक तर त्याच्या ज्वाळेत जिवंत वाटावी, अशी शक्ती आहे. मेणबत्तीच्या ज्योतीच्या मानाने ह्या ज्वाळेचे सौंदर्य आणि तन्हा सर्वतोपरी वेगळी आहे. ह्या ज्वालेतून अनेक ज्वाळा निघाल्यासारख्या दिसतात. मोठी ज्वाळा खालून वर जात आहे, पण तिच्यातून फुटणाऱ्या ज्वाळा हेच तिचे वैशिष्ट्य आहे. ते मेणबत्तीच्या ज्योतीत नसते. हे असे का होते ? मी त्याचे कारण सांगतो. ते एकदा नीट समजले की, मग त्यापुढे मी जे सांगेन, ते तुमच्या ध्यानात येईल. आता मी जो प्रयोग तुमच्यासमोर करणार आहे, तो तुमच्यापैकी काही जणांनी करून बघितला असेल. 'स्नॅपड्रॅगन' हा खेळ तुम्हाला माहीत आहे, होय ना ? ज्योतीचे शास्त्र समजावून सांगण्याकरता 'स्नॅपड्रॅगन' इतके छान उदाहरण सापडणार नाही. पण मला इथे तुम्हाला खेळ दाखवायचा नसून इतिहासातले काही दाखले द्यायचे आहेत. प्रथम एक बशी घेऊ या. 'स्नॅपड्रॅगन' पद्धतशीरपणे खेळताना बशी गरम करून घेतात, त्याप्रमाणे मनुका व ब्रँडीही गरम करून घेतात. माझ्याजवळ इथे ब्रँडी नाही. त्याऐवजी आपण बशीत स्पिरिट ओतू या. हे वाटी व इंधन झाले. आता मनुकांना वातीचे काम देऊ या. स्पिरिटमध्ये थोड्या मनुका टाकतो आणि स्पिरिटला काडी लावतो. बशीतल्या ज्वालेत किती तरी ज्वाळा निघाल्या आहेत, पहा. बशीच्या कडेवरून हवा आत स्पिरिटवर जाते व अशा लहान-लहान अनेक ज्वाळा निर्माण होतात. का ? हवेच्या प्रवाहाचा जोर आणि

ज्योतीचा असमतोल यांच्यामुळे एका ज्योतीच्या ऐवजी अनेक स्वतंत्र ज्योती तयार होतात. त्या अनेक मेणबत्त्या आहेत, असे म्हणायला हरकत नाही. ह्या सगळ्या ज्वाळा एकत्र पाहत असताना त्या एकाच ज्योतीचा आकार असा आहे, असे मात्र समजू नका. कारण ज्योतीचा आकार असा कधीच असत नाही. कापसाच्या बोळ्यातून ज्वाळा निघताना तुम्ही मघाशी पाहिल्यात; ती-पण एक ज्योत असू शकत नाही. खरे तर तो अनेक ज्योतींचा समूह असतो. पण त्या वेगाने एकामागोमाग पेटत राहिल्याने आपल्या डोळ्यांना त्या सगळ्या एकत्रित असल्यासारख्या दिसतात. खरे तर ह्या सगळ्या ज्वाळा एकाच वेळी निघत नसतात; तर अतिशय वेगाने एकामागोमाग निघत



आकृती क्र. ६

राहतात. पण वेगामुळे आपल्याला त्या एकाच वेळी निघत आहेत, असे भासते.

आज आपण 'स्नॅपड्रॅगन'च्या खेळापलीकडे गेलो नाही, ह्याचे मला वाईट वाटते. पण ठरलेल्या वेळापेक्षा अधिक तुम्हाला थांबवून धरणेही योग्य नाही. निरनिराळी उदाहरणे देत बसण्यापेक्षा ज्या गोष्टीचे शास्त्र शिकायला निघालो आहोत, त्याचे भान ठेवण्याचे यापुढे लक्षात ठेवायला पाहिजे.

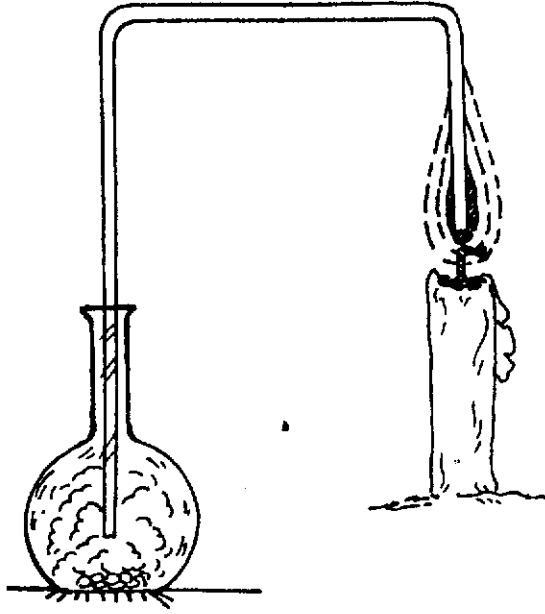
## मेणबत्ती : ज्योतीचे तेज - हवा ज्वलनास हवी - पाण्याची निर्मिती

### व्याख्यान दुसरे

मेणबत्तीतले वितळलेले मेण वातीतून ज्वलनाच्या ठिकाणी कसे पोहोचते, याची सर्वसाधारण माहिती आपण पहिल्या व्याख्यानात करून घेतली. मेणबत्ती जर स्थिर व शांत वातावरणात जळत असली, तर तिच्या ज्योतीचा आकार या आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे एकसारखा, एकसंध दिसतो. तिचे गुणविशेष मात्र अगदी वेगळ्या प्रकारचे असतात. आता ज्योतीच्या प्रत्येक भागात काय घडते, ते तसे का घडते, त्या घडामोडीत काय होते आणि ती मेणबत्ती शेवटी जाते तरी कुठे, ह्या गोष्टी तपासू या. तशी तपासणी करण्याकरता लागणारी साधने माझ्याजवळ आहेत. तुम्हाला माहीत आहे की, आपल्यासमोर आणलेली मेणबत्ती जर पेटवली आणि ती जर व्यवस्थित पेटत राहिली, तर ती जळून नाहीशी होते, तिचा जराही मागमूस राहत नाही. हा मेणबत्तीचा जगावेगळा गुणविशेष आहे. मेणबत्तीचे नीट परीक्षण करण्याकरता मी एका उपकरणाची रचना करून ठेवली आहे. मी जसजसा दाखवत आणि सांगत जाईन, तसतसा त्या उपकरणाचा उपयोग तुम्हाला समजत जाईल. ही पेटलेली मेणबत्ती आहे ना, तिच्या ज्योतीच्या मध्यात ह्या काचेच्या नळीचे एक टोक ठेवतो. ज्योतीचा हा मध्यभाग हूकरच्या आकृतीत गडद दाखवला आहे. मेणबत्तीचे केव्हाही निरीक्षण केलेत, तर तो तुम्हाला दिसतो. ह्या गडद भागाचे आधी आपण निरीक्षण करू या.

ह्या वाकलेल्या नळीचे दुसरे टोक जर मी काचेच्या चंबूत घातले व जरा वेळ तसेच ठेवले, तर काय दिसते ? ज्योतीच्या मध्यातून काही तरी पदार्थ

निघून नळीत शिरतो आहे व सरकत-सरकत तो चंबूत पोहोचतो. हा पदार्थ आपण पकडला आहे; म्हणून तो आपल्याला दिसतो आहे. एरवी तो हवेत विरून जातो, तेव्हा तो जाणवतही नाही. नळीतून चंबूत पडताना तो पदार्थ

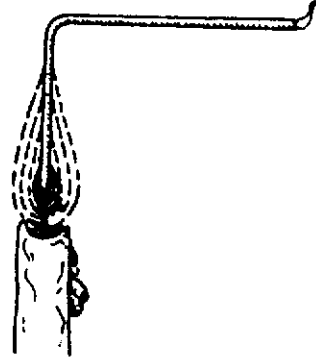


आकृती क्र. ७

एखाद्या जड पदार्थाप्रमाणे दिसतो. तो एक जड पदार्थच असतो. मेणबत्तीच्या मेणाचा हा वाफरूप द्राव आहे. तो वायू नाही. (वाफ आणि वायू यातला फरक लक्षात घ्या : वायू हा कायम वायुरूपात राहतो तर वाफ घनीभूत होऊन जाते;) मेणबत्ती विझल्यानंतर जो उग्र वास येतो, तो या वाफेच्या घनीभवनाचाच परिणाम असतो. ज्योतीच्या बाहेरील अंगाला जे घडते, त्याहून हे अगदी वेगळे असते. हे अधिक स्पष्ट करण्याकरता आणखी थोडी वाफ साठवतो. मेणबत्तीत आपल्याला जे अगदी लहान प्रमाणात मिळते,

त्याचे पूर्ण आकलन व्हावे, याकरता आपल्यासारख्या वैज्ञानिकांनी तो पदार्थ मोठ्या प्रमाणावर मिळवला पाहिजे; त्याचा प्रत्येक भाग तपासला पाहिजे. आता आपले सहायक श्री. अँडरसन उष्णता देण्याकरता स्पिरिटचा दिवा देतील आणि ही वाफ काय आहे, ते तुम्हाला दाखवेन. या काचेच्या चंबूत थोडे मेण आहे. जसा वातीच्या भोवतालचा पदार्थ आणि ज्योतीच्या आतला भाग गरम असतो ना, तसे मी ह्या चंबूतले मेण गरम करणार आहे. त्याकरता तो मी ह्या स्पिरिटच्या दिव्यावर धरतो. हे आता पुरेसे गरम झाले आहे, पहा. आतले मेण वितळून पातळ झाले. लवकरच त्यातून वाफ निघेल. थोडी अधिक उष्णता देतो; म्हणजे अधिक वाफ तयार होईल. ही वाफ आपण चंबूतून अक्षरशः उथळ भांड्यात ओततो आणि ती पेटवतो. ती पेटली. मेणबत्तीच्या ज्योतीच्या मध्यातून ज्या प्रकारची वाफ निघते, बरोबर त्याच प्रकारची ही वाफ आहे. या वाफेसारखी ज्योतीच्या मध्यातून साठवलेली वाफ ही ज्वालाग्राही आहे, याची खात्री करून घेऊ या. तेव्हा नळीतून साठलेली ही चंबूतली वाफ पेटवून पाहू. आता ही कशी जळू लागली पहा. ही ज्योतीच्या मध्यातून आलेली वाफ स्वतःच्या उष्णतेमुळे तयार झाली आहे. मेणबत्तीच्या ज्वलनाची प्रक्रिया चालू झाल्यावर मेणात जे बदल घडून येतात, त्यांच्यातील पहिल्यांदा घडून येणाऱ्या बदलांपैकी हा एक आहे. आता दुसरी एक वाकडी नळी घेऊन तिचे एक टोक ज्योतीच्या मध्यात धरतो. ही नळी जर काळजीपूर्वक धरून ठेवली, तर नळीच्या दुसऱ्या टोकातून ही वाफ बाहेर पडू लागते. तिला मी ही पेटती काडी लावतो. बघा, त्या ठिकाणी मेणबत्तीचीच ज्योत दिसू लागली. किती मनोहर आहे ना हा प्रयोग ? त्यात दोन वेगवेगळ्या क्रिया घडून येतात. एक म्हणजे इंधनाचे वाफरूप होते आणि दुसरे म्हणजे त्या वाफेचे ज्वलन होते. या दोन क्रिया मेणबत्तीच्या दोन भागात घडत असतात.

जो भाग जळून गेला आहे, त्यातून ही वाफ मिळणार नाही. ज्योतीवर धरलेली ही नळी मी जर थोडीशी वर उचलली, तर तिथून जो पदार्थ मिळेल, तो ज्वालाग्राही असणार नाही. तो आधीच जळून गेला आहे. तो कसा जळला ? ज्योतीच्या मध्यात जेथे वात असते, तिथेच फक्त ही ज्वालाग्राही



आकृती क्र. ८

वाफ तयार होते. ज्योतीच्या बाहेरच्या अंगाला हवा मिळत असते. हवा आणि ती वाफ ह्या दोन्हीत तीव्र रासायनिक प्रक्रिया चालू असते. हवा आणि इंधन हे एकमेकांवर क्रिया करतात. आणि ज्या क्षणी आपल्याला प्रकाश मिळतो, त्या क्षणी ती वाफ नष्ट होते. मेणबत्तीची उष्णता कुठे आहे ह्याचा शोध घेतला, तर एक विलक्षण रचना ध्यानात येते. मी ही मेणबत्ती घेऊन तिच्या ज्योतीवर अगदी जवळ एक कागद धरतो. कुठे जळला तो कागद ? त्याच्यावर कंकणाकारात जळल्याची खूण दिसते आहे. बाहेरून लागणारी ताजी हवा आणि इंधनाची वाफ जेथे मिळतात, तेथे रासायनिक प्रक्रिया घडते, असे मी म्हटले ना, त्याच जागेवर हे कंकण दिसते आहे. कंकणाच्या आतल्या भागात तितकीशी उष्णता पोहोचली नाही, असे दिसते आहे ना ? कारण कागद मध्यात जळलेला नाही. माझ्या ह्या प्रयोगाच्या धोपट पद्धतीत हवेची फारशी हालचाल नसेल, तर ही कंकणाकृती नीट दिसेल. तुम्हाला हा प्रयोग घरी करून पाहता येईल. खोलीतली हवा स्थिर असताना कागदाची एक पट्टी घ्या आणि ज्योतीच्या वर धरा. पट्टी दोन बाजूंना जळेल. मध्यात ती जळणार नाही किंवा अगदी थोडी जळल्याचे तुम्हाला दिसेल. एक-दोनदा

हा प्रयोग केलात, की तुम्हाला तो जमेल. इंधन आणि हवा जिथे मिळतात, तिथेच उष्णता निर्माण होते, हे कळून तुम्हाला मजा वाटेल.

आपल्या विषयात आणखी खोल शिरताना ही वर दिसलेली क्रिया फार महत्त्वाची ठरते. हवा ज्वलनाकरता आवश्यक आहे, ह्यात काही शंका राहिली नाही. पण आणखी थोडे पुढे जाऊन मी म्हणेन, ती हवा ताजी असली पाहिजे. ते तसे आहे किंवा नाही, ह्याबद्दल तुमची खात्री झाली नाही, तर आपल्या प्रयोगात आणि तर्कात अपूर्णता राहिल. ही हवेची हंडी बघा. ती या जळत्या मेणबत्तीवर उपडी ठेवतो. मेणबत्ती व्यवस्थित जळते आहे. आणि आता ? परिस्थिती बदलली पहा, ज्योत उंच गेली, मंद होत गेली आहे. आता तर विझलीच. का बरं ज्योत विझली ? केवळ हवेचा पुरवठा तिला पुरेसा झाला का ? हंडीत अजूनही हवा आहे; पण ज्योतीच्या ती कामाची नव्हती. तिला शुद्ध व ताजी हवा लागते. हंडीत अजूनही हवा आहे - थोडी बदललेली; थोडी न बदलेली. पण त्यात ज्वलनाला आवश्यक असलेली हवा राहिली नाही म्हणून ज्योत विझली. आपण युवा शास्त्रज्ञांनी हे सगळे मुद्दे गोळा केले पाहिजेत. आता ह्या प्रकारच्या क्रियेत आपण आणखी खोलवर लक्षा घातले, तर त्यात एक मजेदार सूत्र दिसून येईल. उदा. हा जो तेलाचा दिवा मी तुम्हाला दाखवला होता ना, तो आपल्या प्रयोगाकरता उत्तम आहे. हाच तो प्रसिद्ध आरगॅंड <sup>१२</sup> दिवा. ह्याची वात पोकळ असून तिच्यातून ज्योतीच्या मध्यात हवेचा पुरवठा केला जातो. मी तो पुरवठा बंद करतो; म्हणजे ती ज्योत मेणबत्तीच्या ज्योतीसारखी होईल. इथे कापसाची वात आहे. तिच्यातून तेल चढत आहे. ज्योत कशी उभट, त्रिकोणी झाली आहे, पहा. पण हवेचा पुरवठा पुरेसा नसल्याने ती मंद झाली आहे. ज्योतीला पुरेशी हवा न मिळाल्याने ती नीट जळत नाही. ज्योतीच्या भोवतालून मिळते त्यापेक्षा अधिक हवा मी आत जाऊ देत नाही. वात मोठी असल्याने तेवढी हवा पुरेशी होत नाही व ज्योत मंद होते. आरगॅंडने हुषारीने जी गोष्ट केली, तसा मी ज्योतीच्या मध्यात पोहोचणारा मार्ग खुला करतो व त्यातून हवा जाऊ देतो. आता ज्योत कशी तेजाने झळाळू लागली, पहा. तिला मिळणारी हवा अडवली, तर कसा धूर होतो आहे, बघा. का ? ह्या प्रश्नातून काही महत्त्वाचे मुद्दे उभे राहतात. त्यांचा

आपण अभ्यास करू, एक म्हणजे मेणबत्तीचे ज्वलन आणि दुसरा, हवा न मिळाल्याने ज्योतीचे विझणे. आणि आता हे अर्धवट ज्वलनही आपण पाहिले (म्हणजे धूर होणे) हा मुद्दाही आपल्या दृष्टीने महत्त्वाचा आहे. मेणबत्तीचे उत्तम ज्वलन आपण जितक्या काळजीपूर्वक तपासले, तितक्याच काळजीपूर्वक या अर्धवट ज्वलनाचा अभ्यास केला पाहिजे. आपल्या निरीक्षणाकरता मी एक मोठी ज्योत पेटवतो. कापसाच्या ह्या बोळ्यावर टर्पेटाइन<sup>१३</sup> लावून पेटवतो. ह्या सगळ्या गोष्टी मेणबत्तीशी तुलना करण्यासारख्या आहेत. ज्योत मोठी म्हणजे हवाही अधिक लागणार; नाही तर आपल्याला अर्धवट ज्वलन मिळेल. हे पहा, ज्योतीमधून काळा पदार्थ निघून हवेत मिसळतो आहे. त्याचा एक प्रवाहच तयार झाला आहे. अर्धवट ज्वलनाने होणाऱ्या धुराचा तुम्हाला त्रास होऊ नये म्हणून तो दूर जाण्याचा बंदोबस्त केला आहे. ज्योतीतून काजळी उडू लागली आहे. पुरेशी हवा न मिळाल्याने झालेले अर्धवट ज्वलन हेच त्याचे कारण आहे. म्हणजे काय होते ? पूर्ण ज्वलनाला ज्या गोष्टी लागतात, त्यापैकी काही इथे गैरहजर आहेत. शुद्ध व ताज्या हवेत मेणबत्तीचे ज्वलन कसे होते, ते आपण पाहिले. ज्योतीवर कागद धरून तो कसा कंकणाकृती जळतो, हे मी तुम्हाला दाखवले. त्या वेळी कागदाच्या दुसऱ्या बाजूला मेणबत्तीच्या ज्वलनातून निघालेली काजळी (कार्बन किंवा कोळसा) दाखवू शकलो असतो.

ते दाखवण्यापूर्वी एक गोष्ट मी स्पष्ट करतो; तीही आपल्या प्रयोगाला महत्त्वाची ठरते. मेणबत्ती पेटवून तिच्या ज्वलनाची सर्वसाधारण रूपरेषा तुम्हाला सांगितली खरी; पण ज्वलन नेहमी ज्योतीच्या रूपाने होते की दुसऱ्याही काही प्रकाराने होते, हे बघितले पाहिजे. ज्वलन इतर प्रकाराने होते, हे लक्षात येते आणि ती गोष्ट आपल्या दृष्टीने महत्त्वाची आहे. ज्वलनाचे वेगवेगळे प्रकार नीट समजण्यासाठी आपण एक प्रयोग करू. इथे ही बंदुकीची दारू<sup>१४</sup> आहे. बंदुकीची दारू ही ज्वाळारूपाने जळते. त्या ज्वाळांना आपण ज्योत म्हणू शकतो. बंदुकीच्या दारूत कार्बन व इतर पदार्थ असतात. ते सर्व मिळून जेव्हा जळतात, तेव्हा ज्वाळा निर्माण होतात. इथे ही लोखंडाची पूड आहे. ह्या दोन गोष्टी मी एकत्र जाळतो. त्यापूर्वी लोखंडाची पूड मी चुना व

मातीच्या मिश्रणात मिसळतो. हा प्रयोग करण्यापूर्वी मी तुम्हाला बजावून ठेवतो की, तुमच्यापैकी कुणीही गंमत म्हणून हा प्रयोग करू नका. तशा प्रयत्नात इजा होण्याचा संभव असतो. असल्या गोष्टी काळजीपूर्वक केल्या तर ठीक असते, नाही तर त्या धोकादायक ठरतात. आता ही थोडी बंदुकीची दारू मी या भांड्याच्या तळाशी टाकतो. त्यात लोखंडाची पूड (तिचे चुना-मातीबरोबरचे मिश्रण) मिसळतो. बंदुकीच्या दारूमुळे लोखंडाची पूड जळू लागून तिचे हवेत ज्वलन होते, तसे ते ज्वालांशिवायही होते, हे तुम्हाला बघता येईल. हे मिश्रण मी पेटवतो. तुम्ही त्याचे नीट निरीक्षण करा. बंदुकीची दारू जळताना ज्वाळा निघतात. त्या वेळी लोखंडाचे कण वर फेकले जातात. हे कण कसे झगझगीत दिसताहेत, पहा. तेही जळत आहेत; पण त्यातून ज्वाळा निघताना दिसतात का ? नाही. पण दोन्ही पदार्थ स्वतंत्रपणे जळत आहेत. हे ज्वलनाचे दोन प्रकार तुम्ही पाहत आहात. उजेडासाठी पेटवलेल्या ज्योतीचे सौंदर्य काय किंवा ज्वलनाची उपयुक्तता काय, दोन्हीही ज्वलनाच्या प्रकारावर अवलंबून असतात. उजेडाकरता जेव्हा आपण तेल, मेण किंवा गॅस वापरतो, तेव्हा त्या साधनांची सुयोग्यता ज्वलनाच्या प्रकारावरून ठरत असते.

ज्योतसुद्धा इतक्या वेगवेगळ्या अवस्थांत असते की, विशेष चोखंदळपणाशिवाय त्या अवस्था एकमेकांपेक्षा वेगळ्या दाखवता येत नाहीत. उदाहरणार्थ, इथे ही एक ज्वालाग्राही पूड आहे. त्यात लहान-लहान कण आहेत. तिला लायसोपोडियम\* म्हणतात. तिच्या प्रत्येक कणातून धुरकट वायू निघतो आणि ज्योतही निघत असते. प्रत्यक्ष पेटवूनच बघू या. बघा, ज्वालेचा एक ढग दिसतो आहे, जशी काही ती एक ज्वाळा आहे. पण ज्वालेतून फुरफुर आवाज निघतो आहे, तो ऐकलात का ? त्याच्यावरून हे ज्वलन एकसंध एका ज्वाळेचे नाही, असे लक्षात येते. पॅटोमाइनच्या<sup>१५</sup> विजेच्या चमकण्याची आठवण होते की नाही ? त्याची ही हुबेहूब नक्कलच

\* लायसोपोडियम ही पिवळ्या रंगाची पूड असते. ती एका फळापासून मिळते. तिचा शोभेच्या दारूकामात उपयोग करतात.

आहे. ह्या काचेच्या नळीतून लायसोपोडियमची पूड स्पिरिटच्या ज्योतीवर फुंकरीने उडवतो. ह्या कणांचे ज्वलन लोखंडाच्या कणांहून वेगळे आहे. होय ना ? नंतर पुन्हा आपण लोखंडाच्या कणांकडे वळणार आहोत.

आता ही मेणबत्ती घेतो. तिचा सगळ्यात झगमगणारा भाग तपासू या. तिथे तर हे काजळीचे कण दिसतात. ते ज्योतीतून निघताना तुम्ही बऱ्याच वेळा पाहिले असतील. आता एका वेगळ्या पद्धतीने ही काजळी काढून दाखवतो. हवेच्या झोतांमुळे मेणबत्तीवर पन्हाळी तयार झाल्या आहेत, त्या आधी साफ करतो. ही काचेची नळी घेऊन पहिल्या प्रयोगात केले, तसे तिचे एक टोक मी ज्योतीच्या मध्यात घालतो. फक्त पहिल्यांदा धरले त्यापेक्षा जरा वर धरतो. काय दिसते ? पहिल्या प्रयोगात नळीतून पांढरा धुरकट जड पदार्थ निघाला होता; त्याऐवजी आता काळा धूर नळीत चढतो आहे. हा धूर त्या पांढऱ्या पदार्थापेक्षा निश्चितच वेगळा आहे. आपण त्याला पेटती काडी लावून पाहू. ही पहा, ही काडी पेटत तर नाहीच; पण विझायलाच लागली. मघाशी मी म्हणालो तसा हा मेणबत्तीचा धूर आहे. ह्या धुरावरून मला डीन स्विफ्ट नावाच्या माणसाची आठवण होत आहे. नोकरांनी करमणुकीकरता मेणबत्तीने खोलीच्या वरच्या बाजूच्या भिंतीवर लिहावे, असे त्याने सुचवले होते. पण हा काळा पदार्थ म्हणजे काय आहे ? मेणबत्तीत असलेला तो कार्बन आहे. त्याशिवाय तो मेणबत्तीच्या बाहेर कसा येईल ? आता मी एक स्पष्टीकरण देतो, त्याकडे नीट लक्ष द्या. संबंध लंडनभर जी काजळी आणि कोळशाचे कण उडताना दिसतात, तेच ज्योतीचे सौंदर्य आणि जीवन असते, याची तुम्हाला कधी कल्पना करता येईल का ? मघाशी लोखंडाचे कण जळून गेले, तसेच हे पण जळून गेलेले कण आहेत. माझ्याकडे ही तारेची जाळी आहे, तिच्यातून ज्वाळा आरपार जाणार नाहीत. ती जाळी मी ह्या मेणबत्तीच्या ज्योतीला टेकवून धरतो. काय होते ? इतका वेळ चमकणारी ज्योत दबली जाते व विझते. त्यातून हा केवढा तरी धूर निघू लागला आहे, पहा.

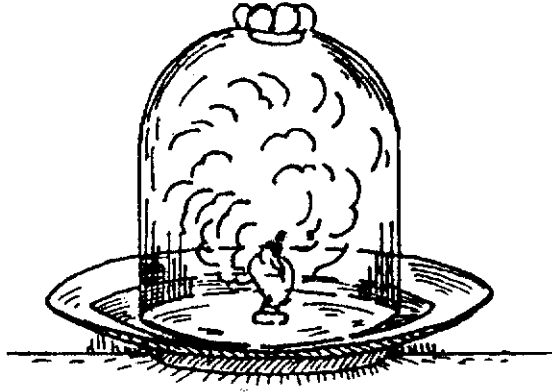
मघाशी बंदुकीच्या दारुच्या ज्वाळेत लोखंडाचे कण जळाले, त्याप्रमाणे

एखाद्या पदार्थांमधली वाफमय अवस्था टाळून (मग ती वाफ घन असो किंवा द्रव) जळू लागला, तर तो मोठ्या तेजाने जळू लागतो. ही वस्तुस्थिती समजावण्याकरता मी तुम्हाला तीन-चार उदाहरणे सांगितली. प्रत्यक्ष जळणाऱ्या किंवा न जळणाऱ्या पदार्थांची घनावस्था जर टिकून राहिली, तर ते प्रकाशमान होतात आणि झगमगू लागतात. हे त्याच्या मागचे तत्त्व; आणि ते तत्त्व सर्व पदार्थांना लागू होते. मेणबत्तीतल्या अशा घनकणांमुळेच तिची ज्योत झगमगते.

ही प्लॅटिनमची<sup>१६</sup> तार बघा. उष्णतेने तिच्या अवस्थेत बदल होत नाही. मी ती ज्योतीवर तापवतो, तेव्हा ती कशी झगमगते, बघा. मी आता ज्योत मंद करतो; म्हणजे तिच्यातून बेताची उष्णता मिळेल. जेवढी उष्णता त्या ज्योतीतून तारेला मिळते, ती ज्योतीच्या स्वतःच्या उष्णतेपेक्षा कितीतरी कमी आहे; पण तेवढ्याने ही प्लॅटिनमची तार झळाळते आहे. ज्योतीत कार्बन असतो. आता मी कार्बन नसलेली एक वस्तू घेतो. ह्या भांड्यात जो पदार्थ आहे, ते इंधन आहे. त्याला वाफ म्हणा किंवा वायू म्हणा; कारण त्यात घनावस्थेतील कण नाहीत. कोणत्याही घन पदार्थाशिवाय त्याची ज्वाळा पेटते म्हणून मी त्याचे उदाहरण घेतले आहे. त्याच्या ज्वाळेत आपण हा घनपदार्थ ठेवू. केवढी उष्णता त्याच्यात एकवटली आहे, पहा. त्यामुळे तो पदार्थ झगमगू लागला. ह्या नळीतून मी जो गॅस वायू इथे आणला, त्याचे नाव हायड्रोजन<sup>१७</sup> आहे. त्याची सर्व माहिती मी तुम्हाला पुढच्या वेळी सांगेन. तसेच इथे प्राणवायू (ऑक्सिजन) नावाचा पदार्थही आहे. त्या पदार्थाच्या सहाय्याने हायड्रोजन जळू शकतो. आणि ह्या दोन्हीच्या मिलाफातून आपण मेणबत्तीपेक्षा कितीतरी अधिक उष्णता निर्माण करू शकतो. पण त्यापासून उजेड मात्र बेताचाच मिळतो. पण त्यात एखादा घनपदार्थ ठेवला, तर आपल्याला प्रखर प्रकाश मिळतो, हे आपण पाहिले. आता मी त्यात चुनकळीचा तुकडा ठेवतो. चुनकळी हा पदार्थ असा आहे की, तो जळतही नाही किंवा उष्णतेने त्याची वाफही होत नाही. आणि त्यामुळेच तो घनरूपात



राहून गरम होतो. प्राणवायूच्या सहाय्याने हायड्रोजन जळत आहे त्यातून अति तीव्र उष्णता\* निर्माण होत आहे. प्रकाश फारसा पडत नाही आहे याचे कारण तिथे उष्णता पुरेशी नाही हे नसून, घनरूपात टिकून राहतील अशा पदार्थांची कमी आहे. तेव्हा अशा ज्वाळेत आपला चुनखडीचा तुकडा काय दाखवतो ? तर बघा, किती झगमगू लागला आहे. ह्यालाच लाईम लाईट म्हणतात. हा उजेड व्होल्टाईक बॅटरीच्या प्रकाशाशी बरोबर करतो आणि



आकृती क्र. ९

व्होल्टाईक बॅटरीचा प्रकाश सूर्यप्रकाशाइतका असतो. इथे कार्बनचा (किंवा कोळशाचा) तुकडा आहे, तो स्वतः जळून (मेणबत्तीतून देतो तसा) प्रकाश देईल. मेणबत्तीच्या ज्योतीत जी उष्णता असते, तिच्यामुळे मेणाच्या वाफेचे विघटन होते आणि त्यातले कार्बनचे कण सुटे होतात. ते कण उष्णतेमुळे जळून प्रकाश देऊ लागतात. मेणबत्तीतले असे जळलेले कण जेव्हा

\* बनसन यांनी प्राणवायू + हायड्रोजन मिश्रणाच्या ब्लो-पाइपचे तापमान मोजले. ते ८०६१ अंश सेल्सियस इतके भरले. हवेत जळणाऱ्या हायड्रोजनचे तापमान ३२५९ अंश सेल्सियस इतके असते.

मेणबत्तीतून सुटून जातात, ते मात्र अशा कार्बनच्या किंवा काजळीच्या रूपात दिसत नाहीत; कारण ते पूर्णपणे अदृश्य असतात. आता आपण त्यांच्याविषयी शिकू या.

ज्वलनाची अशी क्रिया चालू आहे आणि कोळशासारखा काळाकुट्ट पदार्थ इतका प्रकाशमान होतो, हा विचारसुद्धा किती सुंदर आहे ! त्याचे असे आहे. सगळ्याच झगमगणाऱ्या ज्योती किंवा ज्वाळांमध्ये हे घनरूप कण असतात. ज्या सर्व गोष्टी जळताना किंवा जळून गेल्यावर असे घनरूप कण निर्माण करतात, त्या सर्व गोष्टींपासून आपल्याला असा सुंदर प्रकाश मिळतो. मेणबत्तीत ती जळत असताना हे घनकण तयार होतात तर बंदुकीची दारू व लोखंडाचे कण जळून गेले की लगेचच ते तयार होतात. आता मी आणखी काही उदाहरणे देतो. हा एक फॉस्फरसचा तुकडा आहे. त्यापासून झगमगीत ज्वाळा तयार होतात. आपण असे म्हणू या की, फॉस्फरस<sup>१८</sup> जळताना किंवा जळून झाल्यावर लगेच घनकण तयार होतात. आता हा फॉस्फरस मी इथे जाळतो. त्यावर काचेचे आवरण घालतो; म्हणजे त्यापासून जे निघेल, ते इथेच राहील व आपल्याला बघता येईल. हा धूर किती झाला, पहा. तो काय आहे ? फॉस्फरसच्या ज्वलनातून जे घन-कण निर्माण झाले, ते त्यात आहेत. त्यातही दोन घटक आहेत. एक आहे क्लोरेट ऑफ पोटॅसा<sup>१९</sup> आणि दुसरा आहे सल्फ्युरेट ऑफ ॲंटीमनी.<sup>२०</sup> ह्या दोन गोष्टी मिसळून अनेक प्रकारांनी जाळता येतात. ह्यात एक कणभर सल्फ्युरिक आम्ल<sup>२१</sup> घातले तर ते लगेच जळतील. \* एका रासायनिक क्रियेचे उदाहरण म्हणून मी हे दाखवतो आहे. ह्या ज्वलनातून तुम्हाला काय होताना दिसते, ते पाहून त्या मिश्रणाच्या

\* सल्फ्युरेट ऑफ ॲंटीमनी ॲंड क्लोरेट ऑफ पोटॅसा यांचे मिश्रण जेव्हा सल्फ्युरिक आम्लामुळे जळू लागते, तेव्हा क्लोरेट ऑफ पोटॅसाचे विघटन होते. त्यापासून ऑक्साईड ऑफ क्लोरिन आणि बायसल्फेट ऑफ पोटॅसा आणि परक्लोरेट ऑफ पोटॅसा वेगळे निघतात. सल्फ्युरेट ऑफ ॲंटीमनी हा ज्वालाप्राप्ती पदार्थ आहे. तो ऑक्साईड ऑफ क्लोरिनमुळे पेट घेतो आणि मग त्या मिश्रणातून एक ज्वाळा निघते.

ज्वलनातून घन कण निर्माण होतात किंवा नाहीत, ते तुम्ही ठरवायचे आहे. तर्काच्या पायऱ्या कशा असतात, ते मी तुम्हाला दाखवले आहे. त्यावरून हे मिश्रण जळत असताना घन-कण निर्माण होतात किंवा नाही, हे तुम्हाला सहज ठरवता येईल. ही तेजस्वी ज्योत म्हणजे सुटून जाणारे घनरूप कणच आहेत. होय ना ?

आपले सहायक अँडरसन यांनी भट्टीमध्ये एक पात्र (कुसिबल) चांगले गरम केले आहे. मी त्यात जस्ताची<sup>२२</sup> पूड टाकणार आहे. ते जस्ताचे कण बंदुकीच्या दारुप्रमाणे ज्वालांच्या रूपात जळतील. आपण हा प्रयोग इथे करू; नंतर तुम्ही तो घरीही करून बघाल. ही पूड टाकतो, ह्या जस्ताच्या जळण्याचा परिणाम काय होतो, ते बघू या. जस्ताचे हे कण पहा कसे मेणबत्तीसारखे जळत राहिले आहेत. पण हा धूर पहा. आणि कापसाच्या ढगासारखे हे काय आहे ? तुम्ही त्या ढगांच्या जवळ गेला नाहीत, तरी ते ढग तुमच्याजवळ येतील आणि आपली ओळख करून देतील. त्यांना फिलॉसॉफिक वुल<sup>२३</sup> म्हणतात. ह्या पात्रातही कापसासारखा हा पदार्थ थोडा राहिलच. मी जस्ताचा हाच तुकडा घेऊन हा प्रयोग अधिक बारकाईने करीन. ह्या दुसऱ्या प्रयोगातही तसेच घडणार आहे. हा जस्ताचा तुकडा आणि ही हायड्रोजनच्या झोतातून निघणारी ज्वाळा. आता आपण धातू जाळण्याच्या प्रयत्नाला लागू या. हा प्रकाश पहा; तेथे ज्वलन आहे. त्या ज्वलनातून हा पांढरा पदार्थ निघाला आहे. आता आपण हायड्रोजनची ज्वाळा म्हणजे मेणबत्तीची ज्योत मानू या. जस्तासारखा हा पदार्थ त्या ज्योतीत जळतो आहे. एक गोष्ट तुमच्या लक्षात येईल; ती म्हणजे ज्वलन चालू होते, तेव्हाच हा पांढरा पदार्थ चमकत होता - म्हणजे तो गरम असेपर्यंतच. आता जस्तापासून निघालेला हा पांढरा पदार्थ हायड्रोजनच्या ज्वालेत ठेवतो. त्याची झळाळी पहा किती सुंदर दिसते ती ! आणि हे घडते आहे कारण केवळ तो पदार्थ घनरूपात आहे म्हणून.

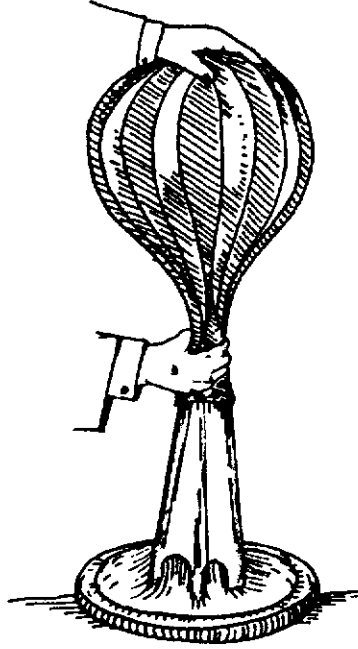
आता मी अशीच एक ज्योत घेतो आणि तिच्यातून कार्बन सुटा करून टाकतो. हे इथे कॅफेन आहे. ते जळताना त्यातून धूर निघतो. हा धूर मी ह्या

नळीतून हायड्रोजनच्या ज्योतीवर सोडतो. पुन्हा गरम होऊन ते जळू लागतील आणि चमकायला लागतील. बघा ! धुरातल्या कार्बन कणांना आपण पुन्हा एकदा उष्णता दिली आहे आणि तेही पुन्हा पेटले आहेत. त्यांच्या मागे एक कागद धरलात, तर तुम्ही ते कण सहज बघू शकाल. हे कण ज्वालेत असतात, तेव्हा ते तिच्या उष्णतेने जळतात आणि प्रकाशमान होतात. पण हे कण जर विलग झाले नाहीत, तर ती झळाळी दिसून येणार नाही. कोल गॅसची<sup>२४</sup> ज्योत ही ज्वलन चालू असताना विलग झालेल्या कार्बन कणांमुळेच झळाळते. मेणबत्तीत तसेच होत असते. ही रचना आता मी झटपट बदलतो. ही गॅसची ज्योत आहे ना ! समजा, आपण त्या ज्योतीला भरमसाठ प्रमाणात हवेचा पुरवठा केला आणि कार्बनचे कण विलग होण्यापूर्वीच जळून गेले तर काय होईल ? त्या ज्योतीला इतके तेज राहणार नाही. त्यासाठी आपण ह्या गॅसच्या झोतावर हे जाळीचे टोपण घालू या. त्याच्यावरून गॅस पेटवू या; म्हणजे कमी तेजाची ज्योत निघेल. गॅस पेटण्यापूर्वी तिच्यात खूप हवा मिसळलेली असते. ही जाळी मी जर वर उचलली, तर तिच्या खाली ज्योत पेटत नाही.\* आता गॅसमध्ये पुष्कळ प्रमाणात कार्बन आहे; पण तो जळण्यापूर्वी गॅसमध्ये पुष्कळशी हवा मिसळली आहे म्हणून ज्योत मंद व निळी दिसते आहे, पहा. गॅसच्या झगमगत्या ज्योतीवर फुंकर मारली, तर काय होते ? त्यातला कार्बन गरम होऊन तेजस्वी होण्यापूर्वीच सुटून जाईल आणि ह्या ज्योतीसारखी निळी ज्योत आपल्याला दिसेल. पहा हं, मी फुंकर मारतो. तसे केल्यावर ज्योत निळी झाली. कारण एकच. ते म्हणजे ज्योतीपासून कार्बन जळून सुटा होण्यापूर्वी त्याला पुष्कळ हवा मिळते; म्हणून तो सुटा

\* प्रयोगशाळेत महत्वाचा एअर बर्नर ह्या तत्त्वामुळेच फायदेशीर ठरतो. त्यात धातूच्या नळकांड्याचे धुराडे आणि त्याच्या वरच्या टोकाला तारेची जाळी असते. हे आरगँड बर्नरवर अशा रितीने बसविलेले असते की, गॅसमध्ये कार्बन व हायड्रोजन एकाच वेळी मिसळतात. त्यामुळे ज्योतीतून कार्बन वेगळा सुटू शकत नाही. मग कार्बनचा धूर साठून राहतो व जाळीतून वर येऊ न शकल्याने ज्योत जवळ जवळ अदृश्यपणे जळत राहते.

होण्यापूर्वी वितळून जातो. तेव्हा कोलॅक्सची ज्योत निळी किंवा झळाळी प्रकाश देणारी असणे त्यातला फरक फक्त त्यातले घनकण केव्हा सुटतात, यावर अवलंबून असतो.

मेणबत्तीच्या ज्वलनापासून काही पदार्थ तयार होतात, हे तुम्ही



आकृती क्र. १०

बघितलेत. त्यात एक कार्बन (काजळी किंवा कोळसा) असतो. हा जळतो, तेव्हाच आपल्याला ज्योतीची झळाळी दिसते आणि प्रकाश मिळतो. पण हा जळल्यानंतर त्यातून आणखीही एक पदार्थ निर्माण होतो. तो काय आहे, हे पाहणे फार महत्त्वाचे आहे. आपण पाहिले की ज्योतीतून काहीतरी निघते व हवेत मिसळून जाते. ते किती असते, हेही आपल्याला समजले पाहिजे

ना ! त्याकरता आपण हे ज्वलन जरा मोठ्या प्रमाणावर करू या. त्या तिथल्या मेणबत्तीतून गरम हवा वर जाताना दिसते आहे. हा प्रवाह तुम्हाला दोन-तीन प्रयोगातून बघता येईल. पण त्या गरम प्रवाहाबरोबर मेणबत्तीतून निर्माण झालेला किती पदार्थ जात आहे, याची तुम्हाला कल्पना यावी, यासाठी मी हा प्रयोग करतो. ज्वलनातून निघणारा हा पदार्थ मी काही प्रमाणात अडवून ठेवतो. त्याकरता तुम्ही मुले ज्याला 'फायर बलून' म्हणता ना, तोच मी घेतला आहे. ज्वलनातून निघणारा हा पदार्थ किती आहे हे मोजण्याकरता आपण ह्या फायर बलूनचा उपयोग करू. आपला हा हेतू पूर्ण होईल अशी साधी व सोपी ज्योत पेटवतो. ही बशी म्हणजे मेणबत्तीतली वाटी आहे, असे समजू या. हे स्पिरिट म्हणजे मेण आहे, असे समजू या. त्यावर मी हे धुराडे बसवतो. त्याच्यामुळे गोष्टी सुरळीत होतील. सहायक अँडरसन ज्योत पेटवतील. मग धुराड्याच्या वरच्या टोकाशी काय येते, त्याचे आपण निरीक्षण करू.

मेणबत्तीच्या ज्वलनातून जे काही मिळेल, ते सर्वसामान्यपणे ह्या ज्वलनातून मिळेल. इथे इंधनात कार्बनचे प्रमाण अगदीच थोडे असल्याने ज्योत तेजस्वी प्रकाशमान अशी नाही. धुराड्यावर मी हा फुगा बसवतो म्हणजे मेणबत्तीतून निघणाऱ्या पदार्थाचा परिणाम काय होतो, ते बघता येईल. हा फायर बलून फुगा फुगू लागला; एवढेच नाही, तर तो वर चढायचा प्रयत्न करू लागला आहे. आपण त्याला वर सोडता कामा नये; नाहीतर तो वर लावलेल्या गॅसबत्तीजवळ जाईल आणि ते फार गैरसोयीचे होईल. आधी गॅसबत्ती विझवतो आणि मग ह्या फुग्याला वर जाऊ देतो. इतक्या थोड्या वेळात फुगा केवढा फुगला पाहिलात का ? म्हणजे ह्या मेणबत्तीच्या ज्वलनातून किती मोठ्या प्रमाणावर पदार्थ तयार झाला पहा. आता धुराड्यावर ही काचेची नळी धरतो. ज्वलनातून निघणारे सर्व पदार्थ नळीतून जाऊ लागले आहेत. नळी धूसर झालेली दिसते आहे. आता मी एक मेणबत्ती पेटवून तिच्यावर काचेची हंडी उपडी ठेवतो. हंडीच्या दुसऱ्या बाजूला हा दिवा ठेवतो; म्हणजे हंडीत काय होतेय, ते तुम्हाला दिसेल. हंडीच्या कडा धूसर

होत चालल्या आहेत आणि ज्योत मंद होत चालली आहे. ते पदार्थ मेणबत्तीची ज्योत मंद करतात आणि हंडीच्या कडा धूसर करतात. घरी गेल्यावर थंड हवेत पडलेला एक चमचा मेणबत्तीवर धरून पहा. त्याच्यावर काजळी येऊ न देता धरा. तो चमचाही धूसर झालेला दिसेल. हा धूसरपणा पाण्यामुळे येतो असे मी तुम्हाला सांगितले, तर पुढच्या वेळी आपण भेटेपर्यंत त्याचा विचार करून ठेवा. कराल ना ? पुढच्या वेळी हे पाणी कुठून येते, ते आपण बघू.

•••

व्याख्यान तिसरे

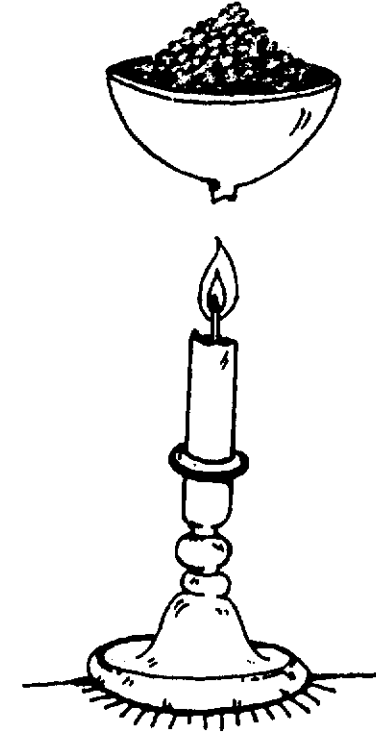
## ज्वलनापासून पाणी - पाण्याचे गुणधर्म - संयुग - हायड्रोजन

मागचे व्याख्यान संपताना आपण मेणबत्तीपासून निर्माण होणाऱ्या पदार्थाविषयी बोलत होतो; आठवतंय ? मेणबत्ती जळत असताना तिच्यापासून निर्माण होणारे काही पदार्थ आपण मिळवले होते. ती व्यवस्थित जळत होती, तेव्हा तिच्यापासून काजळी व धूर निघत नव्हते; पण मेणबत्तीच्या ज्योतीमधून एक पदार्थ निघून वर जात होता. तो धुराहून वेगळ्या रूपात होता. मेणबत्तीपासून वर जाणाऱ्या गरम हवेच्या प्रवाहाचाच भाग बनून तो अदृश्य स्वरूपात सुटून जात होता. त्याच्याशिवाय इतरही काही पदार्थ तयार होताना आपण पाहिले होते. मेणबत्तीतून निर्माण होणारा ऊर्ध्वगामी प्रवाह आठवला ? त्याचा एक घटक द्रवीभूत झाल्याचे आपल्याला थंड चमच्यावर जमलेल्या धूसर वाफेवरून कळून आले. त्याच प्रवाहात आपली स्थिती किंवा अवस्था न बदलणारा असाही एक घटक होता.

प्रथम आपण द्रवीभूत होणाऱ्या घटकाचा अभ्यास करू. हा घटक म्हणजे पाणी. हे केवळ पाणी आहे असे सांगितले, तर विचित्र वाटेल. गेल्या वेळी जाण्यापूर्वी मी त्या गोष्टीचा उल्लेख केला होता. मेणबत्तीपासून निर्माण होणाऱ्या पदार्थापैकी द्रवीभूत होणारा पदार्थ म्हणजे पाणी. त्या पाण्याकडे मी आता तुमचे लक्ष वळवणार आहे. आपल्या प्रस्तुत विषयाच्या संबंधात, तसेच या पृथ्वीवर त्या रूपात अस्तित्वात असणारा पदार्थ म्हणूनही आपण पाण्याचा बारकाईने अभ्यास करू शकतो.

मेणबत्तीच्या उत्पादनांचे द्रवीकरण करून पाणी मिळते, हे दाखविण्याच्या

हेतूने मागच्या खेपेला आपण एक प्रयोग केला होता. तुम्हा सगळ्यांना एका वेळी दिसावे याकरता मी दुसरा एक उपाय करणार आहे. त्याकरता आधी मी पाण्याची एक स्पष्ट आणि उघड क्रिया दाखवतो. ती पाण्याची कसोटी असेल. मग तीच कसोटी आपण अनेक ठिकाणी लावून बघू शकतो. जसे, या गोलसर भांड्याच्या तळाशी साठलेल्या थेंबाला लावून पाहू. सर हंप्री डेव्ही<sup>२५</sup> ह्यांनी शोधून काढलेला हा एक पदार्थ आहे. त्याला पोटॅशियम<sup>२६</sup> म्हणतात; कारण तो पोटॅशमधून मिळतो. त्याची पाण्यावर जोरदार क्रिया होते. हा पाण्यावर टाकला, की लगेच ज्वलन सुरू होते. आता या पसरट भांड्यात मी थोडे पोटॅशियम टाकतो. भांड्यातल्या पाण्यावर तो कसा



आकृती क्र. ११

तरंगतो व पेटतो, पहा. त्याची ज्वाळा जांभळी आहे. एखादा द्रव पाणी आहे की नाही, हे ठरविण्यासाठी ही कसोटी आपण लावू शकतो. ह्या एका गोलसर भांड्यात बर्फ व मिठाचे मिश्रण आहे. हे भांडे मी जळत्या मेणबत्तीवर धरतो. भांड्याच्या तळाशी एक थेंब लोंबताना दिसतो आहे, पहा. मेणबत्तीतून निघालेल्या पदार्थाचे (गारवा लागल्याने) द्रवीभवन होऊन हा थेंब तयार झाला आहे. भांड्याखालची मेणबत्ती काढून घेऊन मी त्या थेंबाला कसोटी लावतो. हा लोंबणारा थेंब काचेवर गोळा करून त्याच्यावर पोटॅशियम टाकतो. तिथे आग तयार झाली आहे. त्यावरून तो थेंब पाण्याचा होता, हे सिद्ध होते. तो थेंब मेणबत्तीच्या ज्वलनातून निघाला होता. हा स्पिरिटचा दिवा मी पुन्हा बर्फ व मीठ ठेवलेल्या भांड्याच्या खाली धरतो. पुन्हा भांड्याचा तळ दमट झाल्याचे दिसून येईल. भांड्यावर साठलेल्या दंवबिंदूमुळे ते दमट झाले; पण ते दंवबिंदू ज्वलनातून निर्माण झाले आहेत. आता स्पिरिटच्या दिव्यावर धरलेल्या भांड्यावरून जेव्हा असे थेंब गळू लागतील, तेव्हा ज्वलनातून पाणी निर्माण होते, याची तुम्हाला खात्री पटेल. जरा वेळ मी दिवा तसाच राहू देतो; म्हणजे किती पाणी साठते, ते बघता येईल. आता मी गॅसचा दिवा घेतो. त्यावर मी शीतकरणाची किंवा थंड करण्याची व्यवस्था करतो. आताही पूर्वीच्या प्रयोगात दिसले तसेच पाणी दिसले. माझ्या जवळच्या ह्या बाटलीत पाणी आहे. ते गॅसच्या ज्वलनातून मिळालेले शुद्ध पाणी आहे. नदी, नाले किंवा समुद्र यातले पाणी डिस्टिल करून घेतल्यास ते जितके निर्भळ व शुद्ध असेल, तितकेच हे पाणी स्वच्छ आहे. पाणी<sup>३७</sup> हा एक असा पदार्थ आहे की, रासायनिकदृष्ट्या तो कधी बदलत नाही. त्यात आपण काही मिसळू शकतो, पाण्याचे विघटन करून त्यापासून इतर काही गोष्टी मिळवू शकतो; पण पाणी म्हणून घेतले, तर ते सदैव पाणीच राहते. ते घन द्रव अथवा वायुरूपात असले, तरी त्याचे रासायनिक गुण तेच राहतात. ह्या बाटलीत तेलाच्या ज्वलनापासून मिळालेले पाणी आहे. एक पाइंटभर<sup>३८</sup> तेल जर दिव्यात घालून नीट दिवा पेटवला आणि त्यातून निर्माण होणारे पाणी साठवत गेलो, तर तेल संपेपर्यंत १ पाइंटहून अधिक पाणी मिळाल्याचे आढळेल. आता हे पाणी बघा. ते

मेणाच्या मेणबत्तीच्या प्रदीर्घ ज्वलनातून मिळालेले आहे. अशा प्रकारे बहुतेक सारे पदार्थ जे मेणबत्तीप्रमाणे ज्योतरूपाने जळतात, त्यांच्यापासून पाणी तयार होते. तुम्ही तसा प्रयोग करून बघू शकाल. लोखंडाची थंड सळई, लांब दांड्याचा चमचा किंवा पळी अशा वस्तू मेणबत्तीवर धरल्यात, तर त्यांच्यावर पाणी जमलेले दिसेल.

अशा ज्वालाग्राही पदार्थांच्या ज्वलनातून पाणी तयार होते. त्याचा इतिहास आता बघू या. त्यापूर्वी एक गोष्ट नीट लक्षात ठेवा की, पाणी कोणत्याही स्थितीत असू शकते. आतापर्यंत पाण्याच्या घन, द्रव आणि वायू अशा स्थिती तुम्हाला माहीत झाल्या असतील. तरीही त्यांच्याकडे जरा बारकाईने बघावे लागेल. स्थितीत किंवा स्वरूपात बदल होत असताना पाणी हे पाणीच राहते - मग ते ज्वलनातून निर्माण झालेले असू दे किंवा कोणत्याही जलाशयातून मिळालेले असू दे.

पाणी जेव्हा सर्वात थंड असते, तेव्हा ते बर्फाच्या स्वरूपात असते. तुम्ही व मी शास्त्रज्ञ आहोत ना ? आपण पाण्याकडे ते कोणत्याही स्थितीत असले, तरी एक रसायन म्हणून बघितले पाहिजे. पाणी हे दोन पदार्थांचे संयुग आहे. त्यातला एक पदार्थ आपल्याला मेणबत्तीच्या ज्वलनातून मिळतो आणि दुसरा आपण खी कुठे तरी मिळतो. पाणी आपल्याला बर्फाच्या स्वरूपात नेहमीच भेटते. तापमान वाढले, की बर्फाचे पाणी होते. त्याहीपेक्षा अधिक तापमान वाढवले, तर त्या पाण्याची वाफ होते. आता जे द्रवरूपात पाणी आपल्यासमोर आहे, त्या स्थितीत पाण्याची घनता\* सर्वात जास्त असते. त्याचा स्थितीबद्दल होतो, तेव्हा त्याच्या स्वरूपात, आकारमानात आणि इतर काही बाबतीत बदल घडून येतो; पण रासायनिकदृष्ट्या ते पाणीच राहते. म्हणजे त्याची रासायनिक घटना किंवा रचना तीच राहते. पाण्याला आपण थंड करून त्याचे रूपांतर बर्फात केले, तर त्याचे आकारमान वाढते.

\* पाण्याचे तापमान जेव्हा ३१.१ अंश फॅरनहीट असते, तेव्हा त्याची घनता सर्वात अधिक असते.



ही एक जबरदस्त पण विस्मयकारक घटना आहे. तसेच पाण्याला उष्णता देऊन त्याचे वाफेत रूपांतर केले, तरी त्याचे आकारमान वाढते, हेही विशेषच म्हणायला पाहिजे. ह्या दोन्हीची प्रात्यक्षिके मी तुम्हाला दाखवतो. हे पत्र्याचे नळकांडे पहा. त्यात साधारण दोन इंच चढेल इतके पाणी ओततो. ह्याची वाफ करून त्याचे आकारमान बदलते का, ते बघू या. तसेच पाण्याचा बर्फ करून त्याचे आकारमान बदलते का, तेही तपासू या. ह्या बाटल्या ओतीव लोखंडापासून बनविलेल्या आहेत. त्यांची बाजू  $1\frac{1}{3}$  इंच जाडीची म्हणजे चांगलीच जाडजूड आहे. बाटल्यातली हवा निघून जाईल अशा रितीने त्यात पाणी भरले आहे व फिरकीचे झाकण घट्ट लावले आहे. ह्या पाण्याने भरलेल्या बाटल्या बर्फाचा चुरा आणि मीठ यांच्या मिश्रणात ठेवू; म्हणजे पाण्याचा बर्फ होईल आणि मग त्याचे होणारे **जबरदस्त प्रसरण\*** आपल्याला प्रत्यक्ष अनुभवायला मिळेल.

त्या बाटल्या बर्फात आहेत तोवर आपण पाण्याची वाफ करून काय होते, ते बघू या. त्याकरता काचपात्रात पाणी ठेवून ते गरम करू या. पाण्याची द्रवस्थिती हळुहळू नाहीशी होऊ लागल्याचे स्पष्ट दिसते आहे. पाणी उकळू लागले आहे. आता मी पात्राचे तोंड बंद करतो. काय दिसते ? पाणी उकळते आहे आणि त्यावरचे झाकण थडथड वाजते आहे. पाण्याची वाफ वर चढून झाकणाला ढकलते आहे. काचपात्र वाफेने भरून गेले आहे; आणि ती वाफ झाकणाला ढकलून बाहेर पडते आहे. काचपात्र पुनः-पुन्हा वाफेने भरून जात आहे आणि तशीतशी ती बाहेरही पडत आहे. हे चालू असताना पाणी तितक्या वेगाने कमी झालेले दिसत नाही. त्यावरून असे लक्षात येते की, पाण्याची वाफ झाली की तिचे आकारमान फार मोठ्या प्रमाणावर वाढते.

मघाशी पाणी भरून लोखंडी बाटल्या बर्फात ठेवल्या होत्या, त्यांचे काय झाले आहे ? एक गोष्ट लक्षात घ्या की, बाहेरचा बर्फ आणि बाटल्यातले

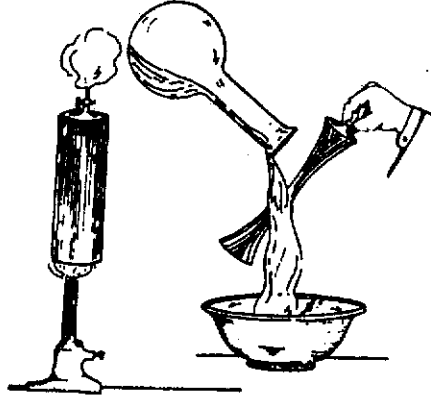
\* बर्फ आणि मिठाच्या मिश्रणात ठेवलेल्या पाण्याचे तापमान ३२ अंश फॅरनहीटपासून ० अंश फॅ. पर्यंत खाली येते आणि त्याच वेळी हा बर्फ होऊन प्रसरण पावू लागतो.

पाणी यांच्यात प्रत्यक्ष देवाण-घेवाण काही नाही; पण उष्णता एकाकडून दुसऱ्याकडे जात राहिली आहे. आपण हा प्रयोग घाईने केला आहे. पण तो बरोबर झाला, तर ह्या बाटल्या व त्यातले पाणी थंड होत पाण्याचा बर्फ होईल. तशी एकेक बाटली फटफट असा आवाज येऊन फुटायला लागेल. बर्फ झाल्यावर पाण्याला बाटलीतली जागा अपुरी पडू लागेल; कारण बर्फाचे आकारमान तेवढ्याच पाण्याच्या आकारमानापेक्षा मोठे असते. बर्फ पाण्यावर तरंगतो, हे तुम्ही पाहिले असेल. एखादा मुलगा पाण्यात पडला आणि त्याला एका बर्फाचा खंड सापडला तर तो त्यावर चढून तरू शकतो.\* आता बर्फ का तरंगतो ? विचार करा आणि त्याचे शास्त्रीय कारण शोधून काढा. ज्या पाण्याचा बर्फ झाला, तो त्या पाण्याहून आकाराने मोठा असतो; म्हणजेच बर्फ पाण्यापेक्षा हलका असतो.

उष्णतेचा पाण्यावर काय परिणाम झाला आहे ? पत्र्याच्या नळकांड्यातूनही वाफ निघते आहे, बघा. ज्या अर्थी वाफ नळकांड्यातून बाहेर पडते आहे, त्या अर्थी नळकांडे वाफेने भरले आहे आणि त्याहून अधिक झालेली वाफ बाहेर पाठवली जात आहे. उष्णता देऊन आपण पाण्याची वाफ केली, तसे वाफेला थंड करून आपण तिचे पाणी करू शकतो. ह्या वाफेवर आपण एखादा ग्लास किंवा कोणतीही थंड वस्तू धरली, तर ती दमट होते. ग्लास कोमट होईपर्यंत ती वाफ द्रवरूप होत राहिल. नंतर ती ग्लासावरून वाहू लागेल. वाफेच्या स्थितीतून द्रव पाणी कसे होते, याचा आणखी एक प्रयोग दाखवतो. मेणबत्तीच्या ज्वलनातून तयार झालेली वाफ जशी (बर्फ ठेवलेल्या) भांड्याच्या तळाशी जशी (द्रव होऊन) पाणीरूपात मिळाली, हा फरक कसा संपूर्णपणे घडून आला, ते दाखवतो. हे पत्र्याचे नळकांडे वाफेने भरलेच आहे. ते मी झाकणाने घट्ट बंद करतो. त्यावर थंड पाणी ओतून आतल्या वाफेचे द्रवीभवन होते तेव्हा काय होते, ते बघू. पाहिलेले ? नळकांडे बंद करून मी त्याला आणखी उष्णता देत बसलो असतो, तर ते फुटले

\* अशी उदाहरणे केवळ शीत कटिबंधातच घडू शकतात. कारण तिथेच वाहत्या पाण्याचा बर्फ होतो.

असते. त्यावर पाणी ओतले, तेव्हा ते वेडेवाकडे का झाले ? आतल्या वाफेचे पाणी झाले; त्यामुळे तिच्या जागी निर्वात पोकळी तयार झाली. हे वेगवेगळे प्रयोग दाखवून मी तुम्हाला एक गोष्ट समजावून देण्याचा प्रयत्न करीत आहे. नळकांडे बंद करून आणखी गरम करत बसलो असतो, तर आतल्या वाफेला जागा अपुरी पडून ती नळकांडे फोडून बाहेर पडली असती. नळकांडे बंद करून त्यावर पाणी ओतले, तेव्हा आतल्या वाफेचे द्रवीभवन झाले (तिचे आकारमान कमी झाले) व ते आत चेपले गेले. हे सगळे घडत असताना पाणी हे पाणीच राहिले. त्याच्या रासायनिक रचनेत काही बदल झाला नाही.

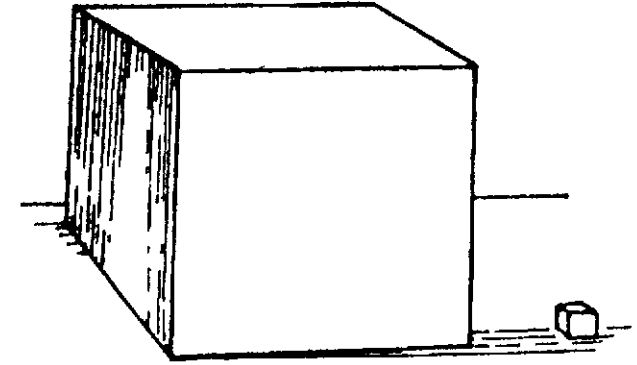


आकृती क्र. १२

वाफेत रूपांतर झाल्यावर आकारमान किती वाढते, असे तुम्हाला वाटते ? हे दोन क्यूब पहा. एक आहे एक फुटाचा; तर दुसरा आहे एक इंचाचा. ह्या इंचाच्या क्यूबमध्ये भरेल इतक्या पाण्याची वाफ एक फुटाच्या क्यूबमध्ये पुरेल इतकी होते. या विरुद्ध १ घनफूट वाफेचे पाणी केले, तर ते १ घनइंच होते. हा आवाज कसला ? बर्फ-मिठाच्या मिश्रणात ठेवलेली बाटली फुटली आहे. तिला पडलेली चीर पहा. जवळ-जवळ १/८ इंच इतकी रुंद आहे. ही पहा, दुसरी बाटली फुटली व बर्फ-मिठाचे मिश्रण सगळीकडे

उडाले आहे. इतक्या जाडजूड कवचाला त्या बर्फाने भेग पाडली. हे बदल निसर्गात\* सतत होत असतात. आपण कृत्रिमपणे केले; कारण आपल्याला प्रयोगापुरताच हिवाळा निर्माण करायचा होता. मोठा व खरा हिवाळा आपल्याला नको होता. तुम्ही कॅनडा किंवा ब्रिटनच्या उत्तरेला गेलात, तर बर्फ व मिठाच्या मिश्रणाचे काम निसर्गात आपोआपच होत असते, असे दिसून येईल.

शास्त्राच्या तत्त्वानुसार पाहिले, तर पाण्याची कितीही स्थित्यंतरे झाली, तरी आपण कधी फसणार नाही. पाणी सर्वत्र तेच असते - मग ते समुद्रातले असो किंवा छोट्याशा मेणबत्तीतल्या ज्वलनातून मिळालेले असो. आता प्रश्न असा पडतो की, मेणबत्तीपासून मिळणारे पाणी असते कोठे ? मी सांगतो. ज्वलनातून निघण्यापूर्वी पाणी मेणबत्तीत दडले होते का ? नाही. ते



आकृती क्र. १३

\* हे विधान ही फक्त अतिशीत प्रदेशांपुरते सत्य आहे. पण फॅरडे त्याच प्रदेशातले होते व तेथेच व्याख्यान देत होते.

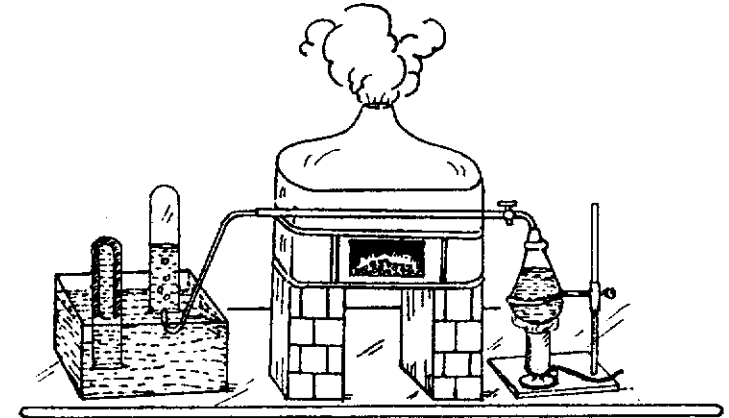
मेणबत्तीत नसते किंवा ज्वलनाला आवश्यक अशी हवा मेणबत्तीच्या भोवती असते, तिच्यातही नसते. ह्या दोन्हीत पाणी नसते; पण त्या दोन्हींची एकमेकांशी जी क्रिया होते, तिच्यातून ते निघते. म्हणजे एक घटक मेणबत्तीपासून आणि दुसरा हवेतून. या घटकांना नीट समजावून घेऊ या; म्हणजे टेबलावर ही जी मेणबत्ती आहे, तिचा रासायनिक इतिहास आपल्याला पुरेपूर समजेल. पण हे कसे शोधून काढायचे? त्याकरता मला अनेक मार्ग ठाऊक आहेत. पण आत्तापर्यंत मी जे तुम्हाला सांगितले आहे, त्यावरून तुम्ही ते शोधून काढावे, असे मला वाटते.

ह्या पद्धतीने तुम्हाला काहीतरी बोध होईलसे वाटते. सर हम्फ्री डेव्हीनी दाखवलेली एका पदार्थाची पाण्यावर होणारी क्रिया \*\* तुम्हाला मी मघाशी दाखवली. या बशीत तोच प्रयोग करून त्याची मी तुम्हाला आठवण करून देणार आहे. पण हा प्रयोग फार काळजीपूर्वक केला पाहिजे. मी ह्या पदार्थावर जर पाण्याचा शिडकावा येऊ दिला, तर त्या पदार्थाचा एक भाग जळून जाईल. हा धातू<sup>३९</sup> बघा, किती सुंदर व चकमकीत आहे ! हवेमध्ये असताना त्याचे स्थित्यंतर होते; आणि तुम्हाला माहीत आहे की, पाण्यातही त्याचे स्थित्यंतर होते. ह्याचा एक भाग मी पाण्यावर टाकतो; म्हणजे पाण्यावर तरंगणाऱ्या दिव्यासारखा तो जळेल. जळताना तो हवेऐवजी पाण्याचा उपयोग करतो. पोटॅशियमच्या ऐवजी आपण जर लोखंडाची पूड घेतली व पाण्यावर टाकली, तर त्यातही अशाप्रकारचा बदल घडून येतो. हा बदल झटपट होत नाही आणि पोटॅशियमसारखा तो बदल दिसून येत नाही. पण लोखंड गंजते म्हणजे अशाच प्रकारची क्रिया होत असते. त्या

\*\* पोटॅशियम हा पोटॅशचा धातुयुक्त पाया असतो. पोटॅशियमचा शोध सर हम्फ्री डेव्ही यांनी सन १८०७ मध्ये लावला. शर्कीमान बॅटरीच्या सहाय्याने पोटॅशपासून पोटॅशियम अलग करण्यात ते यशस्वी झाले. पोटॅशियमची ऑक्सिजनशी जी ओढ असते, त्यामुळे तो पाण्याचे विघटन करतो व त्यापासून विलग झालेला हायड्रोजन विघटनक्रियेतून निर्माण झालेल्या उष्णतेमुळे पेट घेतो.

क्रियेची तीव्रता वेगळी असते. पण या सुंदर पोटॅशियमप्रमाणे हे लोखंडाचे कण पाण्यावर तशाच प्रकारची क्रिया करीत असतात. ह्या दोन घटना तुम्ही मनात घोळवा व विचार करा. इथे थोडं जस्त आहे. त्याच्या ज्वलनापासून जो एक घनपदार्थ निर्माण झाला होता, त्या संदर्भात निरीक्षण केले, तेव्हा जस्त जळते, हे आपल्याला बघायला मिळाले होते. मी जस्ताची एक पट्टी मेणबत्तीच्या ज्योतीवर धरली, तर काय दिसते? पाण्यावर पोटॅशियमचे जळणे, लोखंडाच्या कणांची क्रिया या दोन क्रियांच्या अंघलेमधले काही घडल्यासारखे दिसते. ते एक प्रकारचे ज्वलनच असते. जस्त जळून गेले व त्याची पांढरी राख शिल्लक राहिली. या धातूचीही पाण्यावर क्रिया होते, असेही आपल्याला आढळते.

या सगळ्या पदार्थांच्या क्रिया थोड्याथोड्या बदलून त्यांच्यातून आपण आपली उत्तरे शोधण्याचा प्रयत्न करीत आहोत. आता मी लोखंडाचे कण घेतो. सर्व प्रकारच्या रासायनिक प्रतिक्रिया उष्णतेमुळे वाढतात, हा नेहमीचा अनुभव आहे आणि वस्तुंची एकमेकांवर होणारी क्रिया जर बारकाईने व



आकृती क्र. १४

काळजीपूर्वक तपासायची झाली, तर पुष्कळदा उष्णतेच्या क्रियेकडेच वळावे लागते. लोखंडाचे कण हवेत मस्तपैकी जळतात, हे तुम्हाला माहीत आहे. आता मी तुम्हाला एक प्रयोग दाखवतो. लोखंडाची पाण्यावर क्रिया होते, तिच्याबद्दल मी नंतर तुम्हाला जे सांगणार आहे, ते या प्रयोगामुळे तुमच्या चांगले लक्षात राहील. ही ज्योत आहे. तिच्या मध्यात हवेचा पुरवठा करतो. ती कशी पोकळ दिसू लागली आहे, बघा. आता थोडे लोखंडाचे कण त्या ज्योतीत टाकतो. ते छान प्रज्वलित झाले आहेत, होय ना ? लोखंडाचे कण पेटले, की रासायनिक क्रिया घडू लागते. तिचा परिणाम म्हणजे हे प्रज्वलन होय. आता आपण निरनिराळे परिणाम तपासायला सुरुवात करू; आणि मग लोखंडाचे कण पाण्यात मिसळल्यास काय होते, ते निश्चित करू. त्याची एक सुंदर यथाक्रम आणि नियमित कहाणी बनेल. ती तुम्हाला नक्कीच आवडेल.

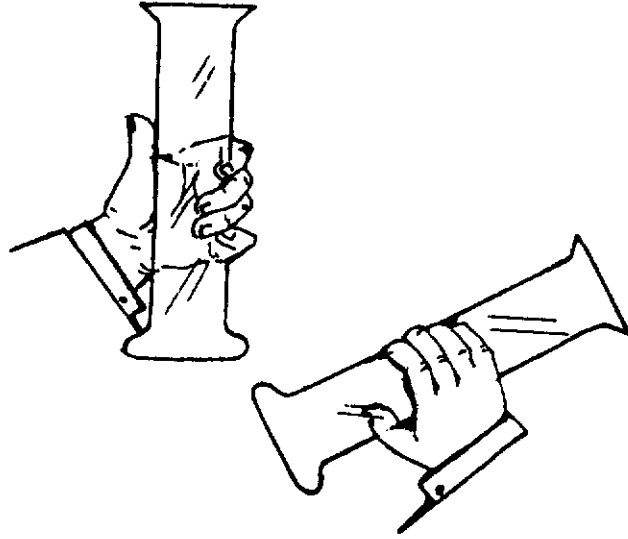
ही एक छोटीशी भट्टी आहे. त्यातून बंदुकीच्या नळीसारखी एक नळी गेली आहे. त्या नळीत मी लोखंडाचे कण भरले आहेत. ती तापून लाल करण्याकरता भट्टीतल्या विस्तवावर ठेवतो. नळीतल्या लोखंडी कणांना हवा मिळावी याकरता मी नळीतून हवा सोडू शकतो. किंवा नळीच्या एका टोकापाशी बॉयलर आहे, त्यातून आपण नळीत वाफही सोडू शकतो. ही चावी दिसते ना, त्या चावीने आपण वाफेचा पुरवठा आपण केव्हाही बंद करू शकतो. भट्टीच्या दुसऱ्या बाजूला एक काचेचे पसरट भांडे आहे. त्यात पाणी आहे. दोन हंड्या उपड्या ठेवल्या आहेत. पाण्यात काय होते, हे दिसावे म्हणून पाण्यात निळा रंग टाकला आहे. भट्टीतून बाहेर आलेले नळीचे दुसरे टोक एका हंडीत गेले आहे. नळीतून येणारी वाफ त्या पाण्यातून हंडीत जाऊ दिली, तर वाफेचे द्रवीभवन होईल, होय ना ? वाफ थंड झाली, तर ती वायुरूपात राहू शकत नाही, हे तुम्ही शिकला आहात. आपले पत्र्याचे नळकांडे कसे चेपले गेले होते, ते तुम्ही पाहिलेत. भट्टीतून येणाऱ्या नळीतून आलेली वाफ पाणी असलेल्या हंडीत पोहोचली, तर तिचे द्रवीभवन व्हायला पाहिजे. ज्यातून वाफ येत आहे, ती नळी भट्टीत गरम झाली आहे. आता मी थोडी-थोडी वाफ नळीतून येऊ देतो. ती वाफ दुसरीकडून बाहेर पडल्यावर

तशीच राहिली की तिचे पाण्यात रूपांतर झाले का, ते प्रत्यक्षच पाहू. हंडीत शिरण्यापूर्वी नळी पाण्यातून गेली आहे; त्यामुळे तिच्यातून जाणाऱ्या वाफेचे तापमान निश्चितच कमी व्हायला पाहिजे. पण हंडीतून बुडबुडे वर येत आहेत, त्या अर्थी आतल्या वाफेचे पाणी न होता ती वायुरूपात हंडीत चढत आहे. आता या वाफेची दुसरी चाचणी घेऊ. काचपात्रात ठेवलेली उपडी हंडी मी तशीच उचलतो; म्हणजे नळीतून आलेला पदार्थ निसटून जाणार नाही. ह्या हंडीच्या तोंडाशी मी जळती काडी लावतो. काय झाले ? थोडा आवाज करून आतल्या पदार्थाने पेट घेतला. यावरून आपल्याला काय कळते ? हंडीत वाफ असती, तर काडी विझून गेली असती. इथे हंडीतला वायू पेट घेतो आहे, तेव्हा हा वायू म्हणजे वाफ नाही, हे नक्की. हा पदार्थ जसा इथे मिळतो, तसाच तो मेणबतीच्या ज्वलनापासून निर्माण होणाऱ्या पाण्यापासूनही मिळवता येईल. लोखंडाची दमट वाफेवर जी क्रिया झाली, त्यापासून हा पदार्थ मिळतो आणि त्या वेळी लोखंडाच्या कणांची एक विशिष्ट स्थिती होते. मघाशी आपण लोखंडाचे कण जाळले, तेव्हा त्यांची जी स्थिती झाली ना, जवळजवळ तशीच स्थिती त्या कणांची वाफेवर क्रिया झाल्यानंतर होते. पण हवेत जळले, तेव्हा त्या कणांचे वजन वाढते. नळीत असताना ते गरम झाले व थंड झाले, तेव्हा जर लोखंडाच्या कणांचा हवेशी संपर्क आला नाही, तर त्यांचे वजन वाढत नाही. पण त्यांच्यावरून वाफेचा झोत जातो, तेव्हा मात्र कणांचे वजन वाढते.

माझ्याजवळ हा एक चंबू आहे. त्यात हा वर मिळालेला वायू भरला आहे. आता एक विलक्षण गोष्ट पहा. हा वायू ज्वालाग्राही आहे. जळती काडी लावून आपण त्याची खात्री करू शकतो. हा वायू हलका आहे. वाफेचे द्रवीकरण होते, तसे ह्याचे द्रवीकरण होत नाही. हा वायू हवेत वर चढेल. या वायूबाबतची माहिती करून घेऊ. हा आणखी एक चंबू आहे. त्यात हा वायू नसून फक्त हवा आहे. याची खात्रीही आपण जळती काडी लावून करू शकतो. हे दोन्ही चंबू मी उपडें करतो; आणि वायू भरलेल्या चंबूवर हवा भरलेला चंबू उपडा धरतो. उपड्या चंबूत हवा आहे ना ? त्याला जळती काडी लावून बघितल्यास त्यातला वायू जळतो. याचा अर्थ काय ? हवा असलेल्या

चंबूत तो वायू चढला. त्या ज्वालाग्रही वायूची स्थिती, गुणवत्ता आणि मुक्तता टिकून आहे. ह्याच कारणाने तो निरीक्षणाला योग्य ठरतो. शिवाय मेणबत्तीच्या ज्वलनातून निर्माण झालेला तो एक पदार्थ आहे; त्यामुळे त्याचे निरीक्षण करणे आपल्याला आवश्यकच आहे.

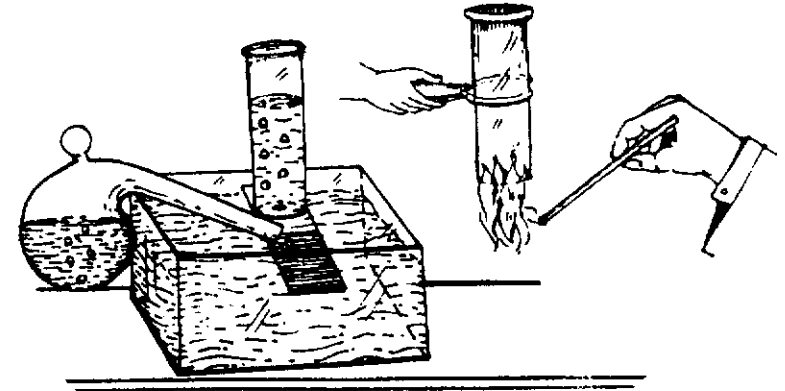
लोखंडाच्या कणांची पाण्यावर किंवा वाफेवर जी क्रिया झाली, त्यातून हा पदार्थ आपल्याला मिळाला. पण इतर जे पदार्थ पाण्यावर क्रिया करतात, त्यांच्यापासूनही आपल्याला हा वायू मिळवता येतो. इतर पदार्थ पाण्यावर कशी सहज क्रिया करतात, हे तुम्ही पाहिले आहे. समजा मी पोटॅशियमचा तुकडा घेऊन योग्य ती व्यवस्था केली, तर त्यापासून हा वायू मिळवता



आकृती क्र. १५

येईल. पण समजा, मी जस्ताचा तुकडा घेतला आणि त्याची परीक्षा केली, तर इतर धातूंप्रमाणे त्याची पाण्यावर सातत्याने क्रिया होत नाही, असे दिसून येईल. ह्याचे कारण काय असावे ? त्याचे मुख्य कारण म्हणजे

जस्तावर एक संरक्षक कवच तयार होते. पाण्याची जी क्रिया होते, त्याचाच तो एक परिणाम असतो. त्यामुळे आपण जस्त आणि पाणी एका भांड्यात ठेवले, तर आपणहून ते एकमेकांवर फार काही क्रिया करीत नाहीत, असे दिसून येते. पण ते कवच विरघळवण्याचा काही उपाय केला तर ? ते विरघळावे म्हणून मी एका आम्लाचा उपयोग केला. कवच निघाल्यावर जस्तही इतर धातूंप्रमाणे पाण्यावर क्रिया करायला लागतो. आणि हे सर्वसामान्य तापमानात घडते. इथे झिंक ऑक्साईड तयार होते, तसेच आपण वापरलेल्या आम्लाचेही मिश्रण होते. पण याखेरीज इतर बदल आम्लात घडून येत नाही. हे आम्ल मी काचेच्यापात्रात ओतले आहे. पण वायू उकळण्यासाठी उष्णता दिल्यासारखा परिणाम दिसत आहे. ह्या जस्तामधून मोठ्या प्रमाणात एक पदार्थ निघतो आहे. ती वाफ नाही. हे पात्र त्या पदार्थाने भरून गेले. तुमच्या सहज लक्षात येईल की, लोखंडाचे कण नळीत ठेवून मी प्रयोग केला, तेव्हा त्यातून जो ज्वालाग्रही वायू मिळाला होता, तोच हा

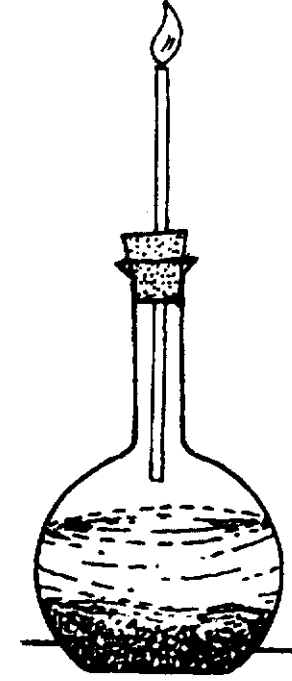


आकृती क्र. १६

वायू आहे. हा पदार्थ आपल्याला पाण्यातून मिळतो, तोच मेणबतीतही सामावलेला असतो.

ह्या दोन गोष्टीत काय संबंध आहे, ते शोधू या. रसायनशास्त्रात पदार्थांचा एक गट आहे. त्यातल्या पदार्थांना मूलद्रव्ये म्हणतात. हायड्रोजन या गटात येतो. मूलद्रव्य म्हणजे असा पदार्थ असतो की, ज्यापासून त्यातून दुसरा कोणताही पदार्थ निघू शकत नाही. मेणबती मूलद्रव्य नाही; कारण तिच्यातून कार्बन निघतो; आणि तिच्यातून निघणाऱ्या पाण्यातून हायड्रोजन मिळतो. हायड्रोजन हे एक मूलद्रव्य आहे. त्याचा दुसऱ्या एका मूलद्रव्याशी संयोग झाल्याने पाणी निर्माण होते. आपले सहायक अँडरसन यांनी वायू भरलेली दोन-तीन काचपात्रे आणलेली आहेत. आपण दोन-तीन प्रयोग करू. हे प्रयोग करण्याची उत्तम पद्धती मी तुम्हाला दाखविणार आहे. तुम्ही स्वतः ते प्रयोग करून बघावेत, असा माझा उद्देश आहे. मात्र तुम्ही असे प्रयोग अतिशय काळजीपूर्वक केले पाहिजेत. रसायनशास्त्रात आपण जसजशी प्रगती करतो, तसे आपल्याला अनेक पदार्थ हाताळवे लागतात. त्यातील काही पदार्थ नुसते चुकीच्या जागी ठेवले, तरी अपाय करतात. आम्ले, उष्णता, ज्वालग्राही पदार्थ निष्काळजीपणे वापरले, तर इजा होण्याचा संभव असतो. तुम्हाला हायड्रोजन वायू तयार करायचा असेल, तर जस्ताचे तुकडे सल्फ्युरिक आम्ल किंवा म्युरियाटिक आम्ल यांच्या सहाय्याने तुम्ही तो सहज मिळवू शकाल. ही एक वस्तू बघा. पूर्वीच्या काळी ह्या वस्तुला 'शास्त्रज्ञाची मेणबती' म्हणत असत. ही वस्तू म्हणजे बूच असलेली एक लहानशी बाटली आहे. तिच्या बुचातून एक नलिका घुसवली आहे. ह्या बाटलीत मी थोडे जस्ताचे तुकडे टाकतो. आपल्या ह्या प्रात्यक्षिकात उपयोगी पडेल असे एक उपकरण मी इथे वापरणार आहे. ते बघून तुम्हालाही आपल्या घरी हायड्रोजन बनवता येईल आणि त्यावर प्रयोग करून बघता येतील. मी आता ह्या बाटलीत पाणी भरतो; पण संपूर्ण भरत नाही. का ? कारण त्यातून निघणारा वायू ज्वालग्राही असतो; आणि तो जर हवेत मिसळला, तर स्फोटक होण्याचा चांगलाच संभव असतो. अशा परिस्थितीत बाटलीतल्या पाण्यावरची सगळी हवा निघून जाण्यापूर्वी जर तुम्ही नळीच्या तोंडाशी

जळती काडी लावलीत, तर इजा होण्याचा संभव आहे. आता ह्या बाटलीत मी सल्फ्युरिक आम्ल ओततो. क्रिया बराच वेळ चालू राहवी म्हणून मी अगदी थोडे जस्त आणि बरेच पाणी व सल्फ्युरिक आम्ल वापरले आहे. आपण वापरणार असलेल्या पदार्थांचे प्रमाण काळजीपूर्वक ठरविले, तर त्यातून निघणाऱ्या पदार्थांचा पुरवठा आपल्याला हवा तसा कमी-अधिक वेळ चालू राहतो. आता आपल्याला फार वेगाने नाही किंवा अति सावकाशही नाही अशी क्रिया पाहिजे आहे. मी हे काचपात्र या बाटलीतून येणाऱ्या नळीवर धरतो. नळीतून येणारा वायू या काचपात्रात साठेल आणि हलका असल्याने थोडा वेळ तरी आत राहील. काचपात्रात हायड्रोजन वायू आहे, याची जळत्या काडीने खात्री करू. काचपात्रात हायड्रोजन आहे. आता मी नळीच्या तोंडाशी काडी लावतो. हीच ती शास्त्रज्ञाची मेणबती बरे का ! ज्योत फार प्रकाशमान

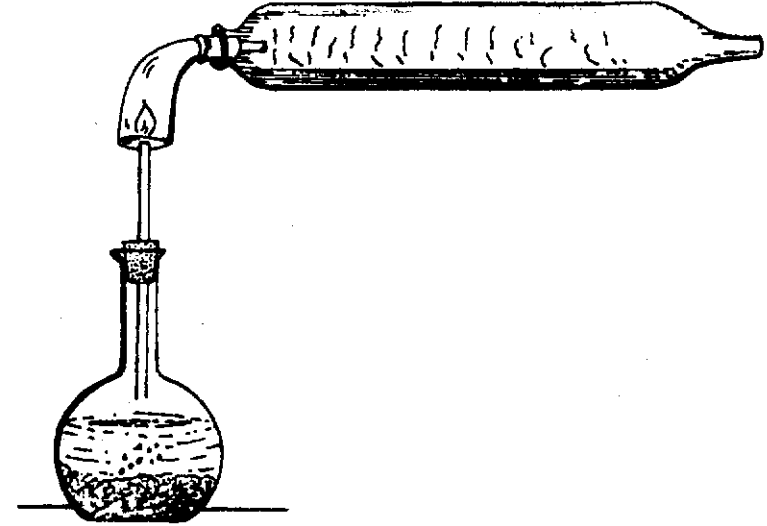


आकृती क्र. १७

दिसत नाही; पण तिच्यातून उष्णता केवढी निघत आहे, पहा. ती प्रखर आहे. ही ज्योत साधीसुधी नाही बरे ! ती व्यवस्थितपणे जळते आहे. तिची मी काय परीक्षा करतो, पहा. आपल्याला आता कळलेय की, मेणबत्तीच्या ज्वलनातून पाणी निघते आणि पाण्यातून हा वायू निघतो. या ज्योतीतून काय मिळते, ते पाहू. ते बघण्यासाठी या ज्योतीच्या ज्वलनातून जे मिळते त्याचे लगेच घनीभवन करण्याच्या हेतूने मी ही मेणबत्ती एका विशेष हंडीखाली ठेवतो. थोडा वेळ ह्या हंडीत वाफ दिसेल; पण नंतर हंडीच्या बाजूवरून पाणी वाहताना दिसू लागेल. हायड्रोजनच्या ज्योतीपासून जे पाणी मिळाले आहे, ते आपल्या मेणबत्तीच्या ज्वलनापासून मिळणाऱ्या पाण्याहून जराही वेगळे नाही. हायड्रोजन हा मोठा सुंदर पदार्थ आहे. तो इतका हलका असतो की, स्वतः वर जातो आणि जाताना इतर पदार्थांनाही वर घेऊन जातो. साधारण हवेपेक्षा हा हलका असतो. हे मी एका प्रयोगाने तुम्हाला दाखवतो. हुषारीने विचार केलात, तर तुम्हीसुद्धा हा प्रयोग करू शकाल. इथे एक जनरेटर आहे. तो हायड्रोजन वायू तयार करतो. हा इथे साबणाचा फेस आहे. ह्या जनरेटरला एक नळी जोडतो. नळीच्या दुसऱ्या टोकाला ओढायचा एक पाईप जोडून देतो. पाईप जर साबणाच्या पाण्यात बुडवला, तर त्यातून वाहणाऱ्या हायड्रोजनमुळे साबणाचे फुगे बनतील. आपण नेहमी नळी फुकूनही फुगे बनवतो; पण ते फुगे खाली जातात. हे फुगे बघा, कसे वरच जात आहेत. हे बघा छताला जाऊन भिडले. ह्या फुगांच्या बाबतीत आणखी एक गोष्ट ध्यानात घ्या. हायड्रोजन भरलेले हे फुगे वर जाताना फुगांच्या तळाशी असलेला पाण्याचा थेंबही वर उचलला जातो. इतर फुगांप्रमाणे हे फुगे खाली जातच नाहीत. ह्यावरून हायड्रोजनचा हलकेपणा लक्षात आला. पण ते आणखीही एका प्रकाराने मी दाखवतो. भले मोठे रबरी फुगेही या वायूमुळे वर जात राहतात. अँडरसन ही नळी जनरेटरला जोडतील. नळीतून येणारा हायड्रोजन आपण क्लोडियनच्या \* या फुगात भरू या. हा पहा गेला वर. आता त्याच्यापेक्षाही मोठा फुगा घेतो.

\* क्लोडियन - हा एक लवचिक पण दणकट पापुद्र्यासारखा पदार्थ असतो. पूर्वी जखमांच्या संरक्षणाकरता त्याचा उपयोग करीत. तसेच फोटोग्राफिक प्लेट म्हणूनही त्याचा वापर केला जाई.

ह्याची बाजू अगदी पातळ आहे. ह्यातही हायड्रोजन भरून वर सोडू या. हे सर्व फुगे त्यातली हवा संपेपर्यंत तरंगत राहतील.



आकृती क्र. १८

पदार्थाचे तौलनिक वजन काय असेल ? माझ्याजवळ एक तक्ता आहे. ह्यात अनेक पदार्थांचे वजन दिले आहे. मापाकरता मी पाइंट आणि घनफूट घेतले आहेत. त्यांची अनुक्रमे वजने त्यांच्यापुढे लिहिली आहेत. ग्रेन<sup>३०</sup> हे वजनाचे सर्वांत लहान परिमाण आहे. १ पाइंट हायड्रोजनचे वजन  $\frac{3}{8}$  ग्रेन इतके भरते; तर तितक्याच पाण्याचे वजन ८७५० ग्रेन असते. तसेच १ घनफूट हायड्रोजनचे वजन १-१२ औंस भरते; तर तेवढ्याच पाण्याचे वजन जवळ-जवळ १००० औंस असते. यावरून पाण्याच्या व हायड्रोजनच्या तौलनिक वजनांची तुम्हाला कल्पना येईल. एकाच मापाने घेतलेल्या त्या

दोन पदार्थांच्या वजनात किती तफावत असते, बघा.

घनरूप होऊ शकेल असा कोणताही पदार्थ हायड्रोजनच्या ज्वलनातून निर्माण होत नाही. ज्वलन चालू असतानाही नाही किंवा ज्वलनानंतरही नाही. हायड्रोजनच्या ज्वलनापासून फक्त पाणीच उत्पन्न होते. त्याच्या ज्योतीवर थंड काच धरल्यास ती दमट होते आणि लवकरच त्यातून पाणी निघायला सुरुवात होते. आणि विशेष असा की, या ज्वलनापासून पाण्याखेरीज इतर काहीच उत्पन्न होत नाही. आणि हे पाणी मेणबतीच्या ज्वलनातून मिळणाऱ्या पाण्यासारखेच असते. हायड्रोजन हा एकच पदार्थ आहे की, ज्याच्या ज्वलनातून फक्त पाणीच निघते.

आता आपल्याला पाणी या पदार्थाची रासायनिक रचना आणि गुणधर्म काय असतात, हे तपासण्याचा प्रयत्न केला पाहिजे. त्याकरता आज मी तुम्हाला नेहमीपेक्षा थोडा अधिक वेळ थांबवणार आहे. त्यामुळे पुढच्या व्याख्यानाकरता तुमची तयारी चांगली होईल. आम्लाच्या सहाय्याने जस्ताला पाण्यावर क्रिया करायला लावण्याची क्षमता आपल्यात आहे. आवश्यक तिथे आणि योग्य तशी व्यवस्था करून ही क्षमता आपल्याला मिळवता येते. इथे माझ्या पाठीमागे एक बॅटरी आहे. त्यातून वीज निर्माण होते. त्या व्होल्टाईक बॅटरीची ताकद आणि गुणविशेष मी तुम्हाला दाखवणार आहे; म्हणजे पुढच्या व्याख्यानाच्या वेळी आपण कोणत्या शक्तिशाली यंत्राचे सहाय्य घेणार आहोत, ह्याची कल्पना तुम्हाला येईल. या बॅटरीच्या तारांची दोन टोके मी धरतो. मागच्या बॅटरीतून वीज वाहत येईल आणि त्या वीजशक्तीला मी पाण्यावर क्रिया करायला लावेन.

पोटॅशियम, जस्त व लोखंडाचे कण यांच्या ज्वलनाची केवढी शक्ती आहे, हे आपण पाहिले. पण ह्या बॅटरीच्या इतकी शक्ती त्या कोणत्याच पदार्थात नाही. ह्या तारा जोडल्या की केवढा झगमगीत प्रकाश निघतो, पहा. हा प्रकाश जस्ताच्या चाळीस तुकड्यांच्या ज्वलनशक्तीतून निघाला आहे आणि ही जबरदस्त शक्ती माझ्या इच्छेप्रमाणे ह्या तारांमधून मी कुठेही नेऊ

शकतो. अर्थात चुकून जर ही माझ्या अंगाला लागली, तर क्षणात मी नष्ट होऊन जाईन. ही शक्ती फार तीव्र आहे. ह्या तारा जोडून मी पाच अंक मोजेपर्यंत तशाच ठेवल्या, तर जेवढी शक्ती\* निर्माण होईल, तिची कित्येक गडगडाटी वादळांशी बरोबरी होईल, इतकी ती प्रचंड असेल. ह्यातील तीव्रता तुम्ही बघू शकता. या तारांच्या टोकातून बॅटरीतली शक्ती वाहते. त्या शक्तीने मी हे लोखंडाचे कण जाळू शकतो. ही रासायनिक शक्ती आहे. पुढच्या वेळी ही शक्ती मी पाण्याला लावेन, तेव्हा त्यातून काय निघेल, ते आपल्याला तपासता येईल.

...

\* विजेच्या एका प्रचंड कडकडाटात असते तेवढी विद्युतशक्ती पाण्याच्या एका थेंबाचे विघटन करण्यास लागते, असे प्रा. फॅरडे यांनी मोजून ठरवले होते.



## व्याख्यान चौथे

# मेणबत्तीत हायड्रोजन - पाण्यात जळतो - पाण्याचा दुसरा घटक - प्राणवायू

मेणबत्ती या विषयाचा तुम्हाला कंटाळा आलेला दिसत नाही; नाहीतर तुम्ही आलाच नसता. मेणबत्ती जळताना त्यातून पाणी निघते, ते पाणी जगात कुठेही सापडणाऱ्या पाण्यासारखेच असते, हे आपण पाहिले. आणखी थोडे परीक्षण केल्यानंतर पाण्यात हायड्रोजन हा एक हलका आणि विलक्षण पदार्थ आहे, असे आपल्याला आढळले होते, हेही आपल्याला माहीत झाले. तसेच मागच्या वेळी व्होल्टाईक बॅटरी हे उपकरण मी तुम्हाला दाखवले होते, होय ना ? या उपकरणाची रचना अशी वैशिष्ट्यपूर्ण केलेली असते की, त्याच्या दोन तारा जोडून त्यातली शक्ती बाहेर येते. ही प्रचंड शक्ती आपल्या इच्छेनुसार आपण सुरू किंवा बंद करू शकतो. या यंत्राचा उपयोग करून आपण पाण्याचे विघटन करू, असेही मी म्हटल्याचे मला आठवते. पाण्यात हायड्रोजनशिवाय आणखी कोणता पदार्थ सामावलेला असतो, हे पाण्याचे विघटन करून आपल्याला बघायचंय. मागच्या वेळेस आपण एक भट्टी वापरून एक प्रयोग केला होता. लोखंडाच्या नळीतून आपण वाफेच्या स्वरूपातले पाणी नेले होते. ते दुसऱ्या बाजूने बाहेर पडले त्या वेळी आपल्याला वाफ मिळालीच नाही; पण एक वायू मोठ्या प्रमाणावर बाहेर पडत होता. तेव्हा त्या वाफेतला हायड्रोजन मिळाला; पण मग दुसरा कोणता पदार्थ तिथे होता ? ते आता शोधून काढू. आधी या यंत्राचे उपयोग आणि गुण समजावून घेण्याकरता आपण एक-दोन प्रयोग करू. प्रथम आपल्याला माहीत असलेले थोडे पदार्थ एकत्र ठेवून त्यांच्यावर हे यंत्र काय क्रिया करते, ते बघू या. इथे माझ्याजवळ तांबे<sup>३१</sup> (कॉपर) आहे. नायट्रिक आम्ल हे एक

तीव्र आम्ल आहे. त्यात जर तांबे टाकले, तर तीव्रतेमुळे त्याची तांब्यावर जोरदार क्रिया होईल. बघा, लगेच त्यातून लाल धूर निघू लागला. पण आपल्याला धूर नको आहे. म्हणून आपले अँडरसन हे मिश्रणाचे पात्र जरा वेळ धुराड्याजवळ धरतील; म्हणजे धूर निघून जाईल. मग आपल्याला ह्या प्रयोगाची उपयुक्तता आणि सौंदर्य कोणताही त्रास न होता बघता येईल. ह्या पात्रात आम्ल व पाणी होते. त्यात जे तांबे टाकले होते, ते पूर्ण विरघळून जाईल आणि आम्ल व पाणी या मिश्रणाचे रूपांतर होऊन त्याचा निळा द्रव बनून जाईल. आता व्होल्टाईक बॅटरी त्याच्यावर काय क्रिया करते, ते दाखवतो. त्यापूर्वी ह्या बॅटरीचा केवळ शक्ती दाखवण्याकरता एक वेगळा प्रयोग करतो. इथे हा पदार्थ आहे. पाण्याचे सर्व घटक जसे आपल्याला माहीत नाहीत, तसे ह्या पदार्थाचेही घटक माहीत नाहीत. थोडक्यात म्हणजे हाही आपल्याला पाण्यासारखाच अपरिचित आहे. हे एका क्षाराचे\* मिश्रण मी कागदावर पसरतो आणि बॅटरीची शक्ती त्याला लावतो. काय होते ? इथे घडणाऱ्या तीन ते चार महत्त्वाच्या गोष्टींचा आपण फायदा घेऊ. हा ओलसर कागद मी ह्या टिनाच्या पातळ पत्र्यावर पसरतो. त्यामुळे सर्व स्वच्छ राहील आणि विजेचा प्रवाह सोडण्यास सोयीचे जाईल. आणखी एक गोष्ट लक्षात घ्या. कागदावर व टिनाच्या पत्र्यावर ठेवून ह्या मिश्रणावर कोणताही परिणाम झालेला नाही. ह्याचा अर्थ असा की, त्या वस्तू वापरायला हरकत नाही. ह्यात बॅटरी वापरायची वेळ आली आहे. त्यापूर्वी बॅटरी ठीक आहे ना, याची खात्री करून घेऊ. ह्या तारा त्या मागच्या वेळी होत्या, त्या स्थितीत आहेत का, ते बघू. अर्थात आता जर मी तारा एकमेकींना टेकवल्या, तर काहीच होणार नाही; कारण वीज प्रवाहाचे मार्ग म्हणजे इलेक्ट्रोड्स बंद आहेत. अँडरसननी ते चालू केले. आता तारा टेकल्यावर पहा, कसा प्रकाश पडला. पण आपला प्रयोग सुरू करण्यापूर्वी पुन्हा ते तो मार्ग बंद करतील.

\* अँसिटेड ऑफ लेडवर विजेच्या प्रवाहाचा परिणाम होतो. त्यातले लेड हे 'ऋण' टोक होते आणि तांबूस पेरॉक्साईड ऑफ लेड हे 'धन' टोक होते. नाइट्रेट ऑफ सिल्व्हरमधून विजेचा प्रवाह गेला की, सिल्व्हर हे ऋण टोक आणि पेरॉक्साईड ऑफ सिल्व्हर हे धन टोक बनते.

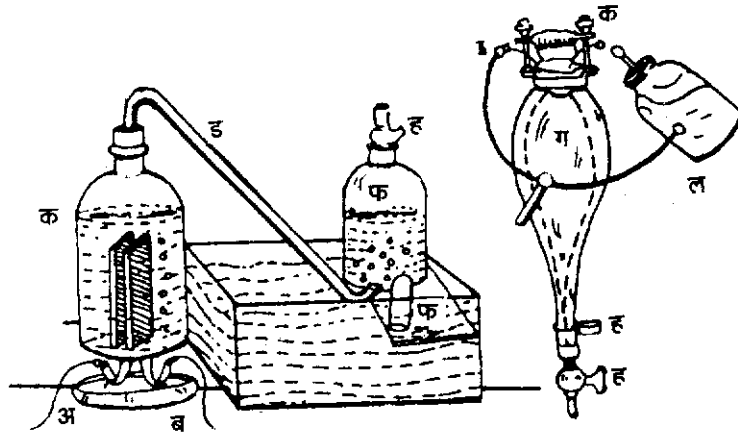
ह्या ऋण व धन टोकांना स्पर्श करेल, अशी एक प्लॅटिनमची तार इथे ठेवू या. असे केल्याने जरी ह्या तारेची बरीच लांबी पेटवावी लागली, तरी आपण सुरक्षित राहू. विजेची शक्ती पहा. बॅटरीतून विजेचा प्रवाह सुरू झाल्याबरोबर प्लॅटिनमची तार कशी तापून लाल झाली ! तारेतून वीज प्रवाह उत्तम रितीने वाहत आहे. हा प्रवाह किती शक्तिमान आहे, हे दाखविण्यासाठी मी अगदी बारीक तार घेतली आहे. ही शक्ती आपल्याजवळ आहे. तिच्या मदतीने आपण पाण्याची परीक्षा करू.

माझ्याजवळ प्लॅटिनमचे हे दोन तुकडे आहेत, ते मी ह्या कागदावर (मघाशी कागद जरा ओला करून टिनच्या पत्र्यावर ठेवला आहे.) ठेवतो. कोणतीच क्रिया दिसत नाही. आता मी ते जरी उचलले, तरी तुम्हाला दिसेल असा कोणताच फरक होणार नाही. रचना पूर्वोक्त राहिली आहे. समजा, मी ह्या दोन टोकांपैकी एकेक स्वतंत्रपणे ह्या प्लॅटिनमच्या तुकड्यांवर ठेवले, तरी काहीही घडत नाही. दोन्ही प्लॅटिनमचे तुकडे निष्क्रिय राहतील. पण ती दोन्ही टोके जरा एका वेळी प्लॅटिनमला लावतो. काय झाले ? प्रत्येक तारेच्या टोकाखाली एक डाग उठला. परिणाम असा झाला की, या पांढऱ्या रंगाच्या धातूमधून गडद (रंग) अलग केला गेला आहे. यातील एक तार मी कागदाच्या खालच्या टिनच्या पत्र्याला लावली, तरी कागदावर स्पष्ट क्रिया दिसून येईल अशा रितीने मी कागदावर लिहून बघतो. हा पहा, शब्द लिहिला गेला.

यापूर्वी माहिती नसलेला पदार्थ आपण ह्या मिश्रणातून बाहेर काढला आहे. आता अँडरसननी धरून ठेवलेल्या पात्रात काय मिळते, ते पाहू. आपण दुसरा प्रयोग करेपर्यंत तांबे नायट्रिक अँसिडमध्ये पूर्ण विरघळून त्याचे मिश्रण तयार झाले आहे. तसे पाहिले, तर हा प्रयोग मी जरा घाईतच करतो आहे. त्यामुळे त्यात थोडी-फार चूक होण्याची शक्यता आहे. पण प्रयोगाची सर्व तयारी आधी करून ठेवण्यापेक्षा तुमच्या समोर करणे मला आर्क महत्त्वाचे वाटते.

या प्लॅटिनमच्या चकत्या म्हणजे आपल्या उपकरणाची दोन टोके

असल्याप्रमाणे मी जोडाजोड करतो. मघाशी आपण कागदावर केले, तसेच त्या मिश्रणाला ह्या तारांची टोके टेकवून काय होते, हे बघायचे आहे. मिश्रण कागदावर असो किंवा पात्रात असो, जोवर आपण बॅटरीच्या तारांची टोके लावत नाही, तोवर काहीच फरक पडणार नाही. बॅटरीला न जोडलेले प्लॅटिनमचे तुकडे मी ह्या मिश्रणात बुडवतो. बघा, तुकड्यांवर मिश्रणाचा काहीच परिणाम झालेला दिसत नाही. आता विजेचा प्रवाह प्लॅटिनमच्या तुकड्यातून नेतो व तो तुकडा ह्या मिश्रणात बुडवतो, काय झाले ? त्याचे



आकृती क्र. १९

क्षणात रूपांतर झाले. तो तांब्याचा होऊन गेला. हा दुसरा तुकडाही बुडवून पाहतो. हा तर जशाचा तसाच राहिला. आता ह्या तुकड्यांची मी अदलाबदल करतो. म्हणजे 'धन'च्या जागी ऋण आणि 'ऋण'च्या जागी धन असे करतो. आता मिश्रणात बुडवतो. काय झाले ? पहिला तुकडा जो तांब्याचा बनला होता, तो पूर्ववत् प्लॅटिनमसारखा झाला आणि जो बदलला नव्हता, तो

तांब्यासारखा दिसू लागला. अशा रितीने मिश्रणातले तांबे आपण काढून घेऊ शकतो.

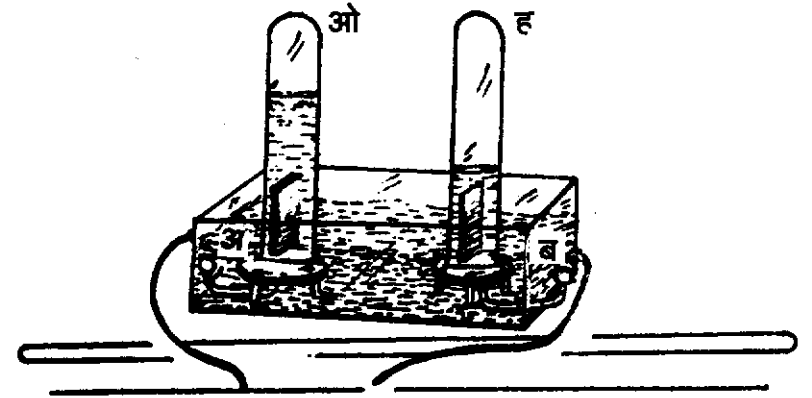
आता हे मिश्रण बाजूला ठेवू. या यंत्राचा पाण्यावर काय परिणाम होतो, बघू या. प्लॅटिनमच्या चकत्या मी बॅटरीची टोके म्हणून मी वापरणार आहे. क हे लहान तोंडाच्या बरणीसारखे एक छोटे पात्र आहे. हे उघडून आतली रचना आपल्याला बघता येते. अ आणि ब ह्या दोन कपांत मी पारा ओततो. प्लॅटिनमच्या चकत्यांना जोडणाऱ्या तारांच्या टोकांना हा पारा लागतो आहे. क पात्रात मी थोडे आम्लमिश्रित पाणी ओततो. पुढे होणारी क्रिया सुलभ व्हावी ह्याकरता ह्यात आम्ल मिसळले आहे. क पात्राच्या तोंडावर ड ही वाकडी नळी बसवली आहे. ह्या नळीचे दुसरे टोक फ पात्राला खालच्या बाजूने जोडली आहे. असे हे उपकरण मी तयार करूनच ठेवले आहे. आता या पाण्यावर काय परिणाम होतो, ते बघायला आपण तयार आहोत. एक तार अ बाजूला आणि दुसरी तार ब बाजूला लावतो. काय होते ? पाण्यात खळबळट होऊ लागला आहे. उकळते आहे का ते ? त्यातून काय निघत आहे ? ती वाफ आहे का ? ती वाफ असती, तर फ पात्र वाफेने भरून गेले असते. पण तो पदार्थ वाफ असणारच नाही; कारण पाण्यातून बुडबुडे येऊन तो पदार्थ पाण्यावर जात आहे व सातून राहत आहे. ह्याचा अर्थ तो एक वायू आहे. कोणता ? हायड्रोजन असेल का ? तपासून बघू या. म्हणजे फ पात्रातून आलेला वायू पेटवून पाहू. हा तर स्फोट होऊन जळला. तेव्हा हा ज्वालाग्रही दिसतो; पण हायड्रोजनसारखा न जळता त्याचा स्फोट झाला. पण ह्याचा प्रकाश मात्र हायड्रोजनच्या प्रकाशासारखा आहे. हा हवेशिवाय जळेल; त्या कारणाने मी हे वेगळ्या प्रकारचे उपकरण वापरले आहे. त्याच्यावरून या प्रयोगाच्या वेळची परिस्थिती वेगळी आहे हे तुम्ही ओळखले असेल. उघड्या काचपात्राऐवजी मी बंद काचपात्र घेतले आहे. आपली बॅटरी तर इतकी जबरदस्त आहे की, पाराही<sup>३२</sup> उकळायला लागला. म्हणजे सगळ्या क्रिया योग्यच चालू आहेत; त्यात चूक नाही. फक्त प्रत्येक क्रिया जोशात घडत आहे. आता हा वायू हवेशिवाय जळतो हे मी दाखवणार आहे. ह्याबाबतीत तो मेणवतीहून अगदी वेगळा आहे. कारण मेणवती हवेशिवाय

जळू शकत नाही. आता काय करू या ? हे एका विशिष्ट आकाराचे ग पात्र आहे. त्याला **इ** आणि **के** या प्लॅटिनमच्या तारा जोडल्या आहेत. ह्या तारांमधून मी विजेचा प्रवाह सोडू शकतो. या ग पात्रातली सर्व हवा आपण पंपाने काढून घेऊ. मग ते ग पात्र **फ** पात्रावर बसवून जोडू या. पाण्यावर विजेची क्रिया होऊन जो वायू **फ** पात्रात साठला आहे, त्याला या ग पात्रात सोडू या. पाण्यात बदल घडवून हा वायू तयार झाला आहे. आणि हा बदल म्हणजे स्थितीबदल नाही; तर त्याचे अक्षरशः वायूत रूपांतर करून टाकले आहे. विघटन करून टाकलेले पाणी तिथे आहे. ग आणि **फ** पात्रांच्या तोंडाजवळच्या नळ्या एकमेकांवर नीट बसल्या आहेत. आता **ह, ह, ह** या तिन्ही चाव्या उघडून टाकतो. **फ** पात्रातल्या पाण्याच्या पातळीकडे नीट लक्ष ठेवा. त्याच्यावरचा वायू वर चढल्याचे तुमच्या लक्षात येईल. ग पात्रात मावेल एवढा वायू चढल्यावर मी तिन्ही (**ह, ह, ह**) चाव्या बंद करतो. सुरक्षित रीतीने ग पात्रात वायू स्थिर झाला आहे. आता मी **ल** या लेडन<sup>३३</sup> बरणीतून विजेची ठिणगी त्यात सोडतो. काय दिसते ? आतापर्यंत स्वच्छ, पारदर्शक दिसणारे ग पात्र धूसर झाले. ग पात्र मजबूत असल्याने आत झालेला स्फोट त्याने सामावून घेतला. एवढाही आवाज बाहेर आला नाही. आणि आता मी पुन्हा **ह, ह, ह** या तिन्ही चाव्या उघडतो आणि **फ** हंडीतला आणखी थोडा वायू ग पात्रात येऊ देतो. ग पात्रातला मधाचा सर्व वायू जळून गेला आहे. तिथे जागा झाली आहे. त्या रिकाम्या जागेत **फ** हंडीतला आणखी थोडा वायू चढला आहे. पुन्हा विजेची ठिणगी सोडतो. केवढा भक्कन प्रकाश झाला. पुन्हा पात्र धूसर झाले ! आणि ग पात्राच्या बाजूंवरून पाण्याचे ओघळ येऊ लागले आहेत, पहा. म्हणजे काय होत आहे ? विजेच्या ठिणगीमुळे स्फोट होऊन आतील वायू जळून जातो आणि त्याचे रूपांतर पाण्यात होते.

आता एक लक्षात घ्या की, आपण फक्त पाण्यावर प्रयोग करीत होतो. तेथे हवेशी जराही संबंध आला नाही. मेणबत्तीच्या ज्वलनातून जेव्हा पाणी मिळते, तेव्हा त्याला हवेची मदत होत होती. इथे या पात्रात हवेचा संपर्क न येता पाणी तयार होत आहे. याचा अर्थ असा होतो की, मेणबत्ती जो पदार्थ

हवेतून घेते, तो पाण्यात असला पाहिजे आणि त्या पदार्थाचा हायड्रोजनशी संयोग झाली की, पाणी तयार होते.

मधाशी बॅटरीचे एक टोक तांब्याची पकड घेताना तुम्ही पाहिलेत. त्याच्यामुळे निळ्या पाण्यात विरघळलेले तांबे काढून घेतले गेले. बॅटरीच्या या तारेमुळे हे घडले. ह्या बॅटरीची शक्ती एवढी आहे की, तिच्या सहाय्याने आपण धातूचे संयुग घडवू आणि मोडू शकलो. त्याच बॅटरीच्या सहाय्याने आपण पाण्याचे विघटन करून त्यातील घटक अलग करू शकणार नाही का ? हे आणखी एक उपकरण पहा. ह्या टाकीत पाणी आहे. त्यात दोन



आकृती क्र. २०

छोट्या तिपाया आहेत. त्यांना एकेक भोक आहे. त्यात मी बॅटरीची धन व ऋण टोके ठेवतो. एक टोक **अ** पाशी तर दुसरे **ब** पाशी. अशी रचना केल्याने दोन टोकांपासून वेगवेगळे वायू निघणार आहेत. तिपायांवर दोन

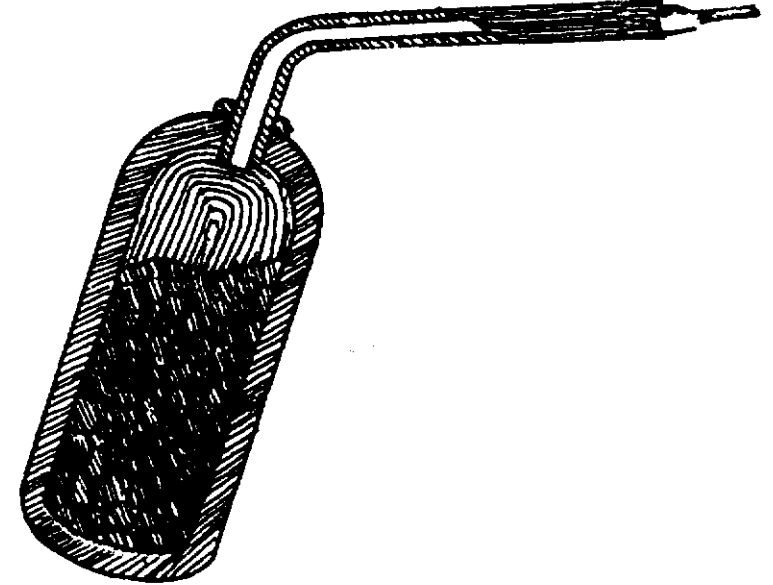
काचपात्रे उपडी ठेवली आहेत. तारेच्या अ टोकावरच्या काचपात्राला ओ म्हणू आणि ब टोकावरच्या पात्राला ह म्हणू. दोन्ही पात्रात थोडे पाणी चढले आहे. तारा नीट जोडल्या आहेत याची खात्री करून मी बॅटरी सुरू करतो. हे बुडबुडे येऊ लागले. दोन्ही बाजूंकडून बुडबुडे येऊन वायू निघत आहे आणि दोन्ही काचपात्रात तो भरत आहे. पण बघा, ह पात्रातले बुडबुडे झपाट्याने वर येत आहेत त्या मानाने ओ पात्रात सावकाश निघत आहेत. मोजायचे काही साधन असते, तर ह पात्रात ओ पात्रातल्यापेक्षा दुप्पट वायू भरल्याचे तुमच्या लक्षात आले असते. दोन्ही वायू रंगविरहित आहेत. दोन्ही द्रवीभूत न होता पाण्यावर साठून राहिले आहेत. या बाबतीत ते समान आहेत. आता हे वायू तपासून काय आहेत, हे ठरविण्याची आपल्याला संधी मिळाली आहे. दोन्ही वायूंचे आकारमान मोठे आहे; त्यामुळे त्यांच्यावर आपण सहज प्रयोग करू. प्रथम ह पात्रातला वायू कोणता आहे, ते तपासू.

हायड्रोजन वायू ओळखायची तयारी ठेवा. त्याचे गुणधर्म आठवू या. तो हलका होता आणि उपड्या पात्रात साठून राहिला होता. पात्राच्या तोंडाशी तो फिकट निळ्या ज्योतीच्या रूपाने जळला होता. ह पात्रातल्या वायूत हे गुण आहेत का, बघू या. पात्र सुलटे करून त्याला काडी लावून बघू. तो जळू लागला, तेव्हा ह्यात हायड्रोजन आहे, हे निश्चित ! आता ह्या दुसऱ्या पात्रात काय आहे, ते शोधू या.

हायड्रोजनबरोबर हा वायू मिसळला, तेव्हा ते मिश्रण स्फोटक झाले होते, आठवते ? हा असा पदार्थ आहे की, जो पाण्याचा एक घटक आहे आणि हा हायड्रोजनला जळण्यास मदत करतो. आपल्याला माहीत आहे की, टाकीतल्या पाण्याचे दोन घटक होते. एक हायड्रोजन होता. दुसरा कोणता असावा? तो पाण्यात होता. आता तो स्वतंत्रपणे आपल्या काचपात्रात आहे. या वायूत मी पेटलेली काडी टाकणार आहे. बघा, त्यात पडल्यावर जळती काडी अधिक तजेलदार झाली. साध्या हवेपेक्षा या वायूत ज्वलन अधिक तजेलदार होत आहे. पाण्यातला दुसरा हा घटक आणि मेणबत्तीच्या ज्वलनामुळे जेव्हा पाणी तयार होत असते तेव्हा हाच घटक

वातावरणातून घेतला गेलेला असतो, हे आता तुम्हाला स्पष्टपणे समजले असेल. त्याला काय नाव देऊ या ? अ, ब, क ? आपण त्याला ओ म्हणू या. तो प्राणवायू<sup>१४</sup> असतो. पाण्याचा दुसरा घटक म्हणजे प्राणवायू.

हळुहळू आपले प्रयोग किंवा संशोधन अधिक स्पष्ट होत जातील. कारण या गोष्टी आणखी एक-दोन वेळेला पडताळून पाहिल्या की, मेणबत्ती हवेत का जळते, याचे कारण आपल्या लक्षात येईल. आपण पाण्याचे पृथक्करण केले; म्हणजे त्यातले सर्व घटक विलग केले. त्यातून आपल्याला दोन घटक हायड्रोजनचे आणि दुसऱ्या घटकाचा एक भाग मिळाला. आणि हा एक भागच हायड्रोजनला जाळतो. हे दोन पदार्थ तत्त्यावर दाखवले आहेत. त्याबरोबर त्या त्या वायूंचे वजनही दाखवले आहे. त्यावरून तो एक जड वजनाचा वायू आहे, असे लक्षात येते. आणि तोच पाण्याचा दुसरा घटक आहे.



आकृती क्र. २१

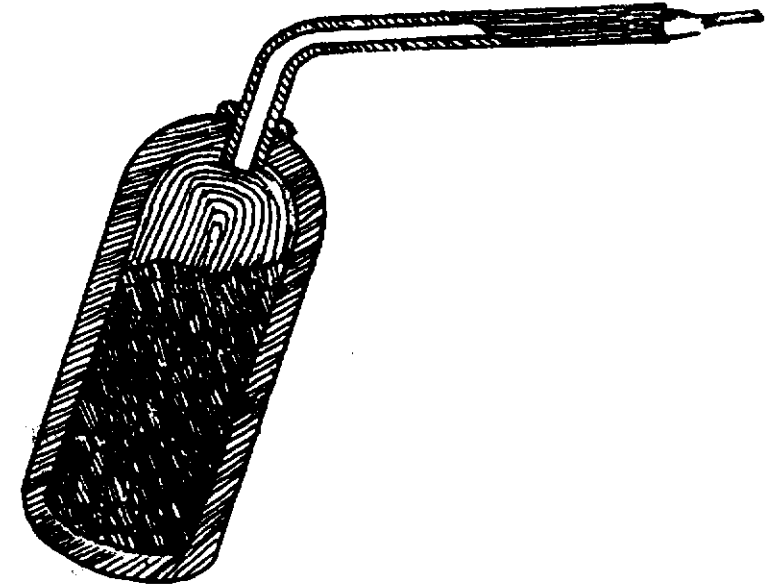
काचपात्रे उपडी ठेवली आहेत. तारेच्या अ टोकावरच्या काचपात्राला ओ म्हणू आणि ब टोकावरच्या पात्राला ह म्हणू. दोन्ही पात्रात थोडे पाणी चढले आहे. तारा नीट जोडल्या आहेत याची खात्री करून मी बॅटरी सुरू करतो. हे बुडबुडे येऊ लागले. दोन्ही बाजूंकडून बुडबुडे येऊन वायू निघत आहे आणि दोन्ही काचपात्रात तो भरत आहे. पण बघा, ह पात्रातले बुडबुडे झपाट्याने वर येत आहेत त्या मानाने ओ पात्रात सावकाश निघत आहेत. मोजायचे काही साधन असते, तर ह पात्रात ओ पात्रातल्यापेक्षा दुप्पट वायू भरल्याचे तुमच्या लक्षात आले असते. दोन्ही वायू रंगविरहित आहेत. दोन्ही द्रवीभूत न होता पाण्यावर साठून राहिले आहेत. या बाबतीत ते समान आहेत. आता हे वायू तपासून काय आहेत, हे ठरविण्याची आपल्याला संधी मिळाली आहे. दोन्ही वायूंचे आकारमान मोठे आहे; त्यामुळे त्यांच्यावर आपण सहज प्रयोग करू. प्रथम ह पात्रातला वायू कोणता आहे, ते तपासू.

हायड्रोजन वायू ओळखायची तयारी ठेवा. त्याचे गुणधर्म आठवू या. तो हलका होता आणि उपड्या पात्रात साठून राहिला होता. पात्राच्या तोंडाशी तो फिकट निळ्या ज्योतीच्या रूपाने जळला होता. ह पात्रातल्या वायूत हे गुण आहेत का, बघू या. पात्र सुलटे करून त्याला काडी लावून बघू. तो जळू लागला, तेव्हा ह्यात हायड्रोजन आहे, हे निश्चित ! आता ह्या दुसऱ्या पात्रात काय आहे, ते शोधू या.

हायड्रोजनबरोबर हा वायू मिसळला, तेव्हा ते मिश्रण स्फोटक झाले होते, आठवते ? हा असा पदार्थ आहे की, जो पाण्याचा एक घटक आहे आणि हा हायड्रोजनला जळण्यास मदत करतो. आपल्याला माहीत आहे की, टाकीतल्या पाण्याचे दोन घटक होते. एक हायड्रोजन होता. दुसरा कोणता असावा? तो पाण्यात होता. आता तो स्वतंत्रपणे आपल्या काचपात्रात आहे. या वायूत मी पेटलेली काडी टाकणार आहे. बघा, त्यात पडल्यावर जळती काडी अधिक तजेलदार झाली. साध्या हवेपेक्षा या वायूत ज्वलन अधिक तजेलदार होत आहे. पाण्यातला दुसरा हा घटक आणि मेणबत्तीच्या ज्वलनामुळे जेव्हा पाणी तयार होत असते तेव्हा हाच घटक

वातावरणातून घेतला गेलेला असतो, हे आता तुम्हाला स्पष्टपणे समजले असेल. त्याला काय नाव देऊ या ? अ, ब, क ? आपण त्याला ओ म्हणू या. तो प्राणवायू<sup>१४</sup> असतो. पाण्याचा दुसरा घटक म्हणजे प्राणवायू.

हळुहळू आपले प्रयोग किंवा संशोधन अधिक स्पष्ट होत जातील. कारण या गोष्टी आणखी एक-दोन वेळेला पडताळून पाहिल्या की, मेणबत्ती हवेत का जळते, याचे कारण आपल्या लक्षात येईल. आपण पाण्याचे पृथक्करण केले; म्हणजे त्यातले सर्व घटक विलग केले. त्यातून आपल्याला दोन घटक हायड्रोजनचे आणि दुसऱ्या घटकाचा एक भाग मिळाला. आणि हा एक भागच हायड्रोजनला जाळतो. हे दोन पदार्थ तत्त्यावर दाखवले आहेत. त्याबरोबर त्या त्या वायूंचे वजनही दाखवले आहे. त्यावरून तो एक जड वजनाचा वायू आहे, असे लक्षात येते. आणि तोच पाण्याचा दुसरा घटक आहे.



आकृती क्र. २१

हायड्रोजन	प्राणवायू
१	८
	९

प्राणवायू -	८८.९
हायड्रोजन -	११.१
पाणी -	१००.०

पाण्यापासून प्राणवायू कसा विलग करता येतो, हे दाखवल्यानंतर प्राणवायू हा मुबलक प्रमाणात कसा मिळतो, हे सांगणे अगत्याचे ठरेल.

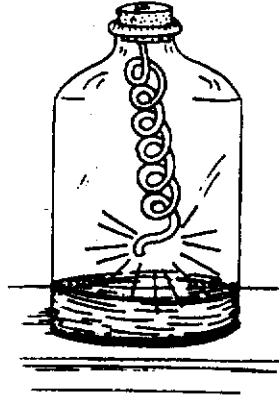


आकृती क्र. २२

प्राणवायू हवेत असतो, हे उघडच आहे. त्याच्याशिवाय मेणबत्तीच्या ज्वलनातून पाणी कसे तयार होऊ शकेल ? ही गोष्ट अशक्य झाली असती. रासायनिकदृष्ट्या ती क्रिया प्राणवायूशिवाय घडूच शकत नाही. हवेतून आपण प्राणवायू घेऊ शकू का ? हो; पण हवेतून प्राणवायू मिळण्याच्या पद्धती क्लिष्ट आहेत. त्यापेक्षा सरस अशा काही प्रक्रिया आपल्याला माहीत आहेत. ब्लॅक ऑक्साईड ऑफ मॅगनीझ<sup>३४</sup> नावाचा एक पदार्थ असतो.

काळेबेंद्रे दिसणारे, पण उपयुक्त असे हे खनिज आहे. ते तापवून लाल केले, तर त्यापासून आपल्याला प्राणवायू मिळवता येतो. ही लोखंडाची बाटली पहा. त्यात हा पदार्थ घातला आहे. बाटलीच्या तोंडाशी एक वाकडी नळी आहे. विस्तवही तयार आहे. लोखंडाची असल्यामुळे ती उष्णता घेऊ शकेल. तेव्हा अँडरसन ती बाटली विस्तवावर ठेवतील. माझ्याजवळ क्लोरेट ऑफ पोटॅश हा क्षार आहे. ब्लिचिंग, तसेच औषधे व रसायने, पायरोटेक्निक अशा आणि इतर ठिकाणी त्याचा उपयोग होतो; म्हणून या क्षाराचे उत्पादन अलीकडे मोठ्या प्रमाणावर होत असते. हा क्षार थोडा घेऊन मी ह्या ऑक्साईड ऑफ मॅगनीझमध्ये मिसळतो (मॅगनीझच्या ऐवजी लोखंड किंवा तांबे यांचे ऑक्साईडही घेता येते.) हे मिश्रण बाटलीत ठेवले, तर कमी तापमानात प्राणवायू तयार होऊ शकेल. प्राणवायू मोठ्या प्रमाणावर तयार करण्याची खटपट मी करीत नाही. प्रयोगापुरता प्राणवायू पुरेसा होईल. पण त्याकरता जर मी हे मिश्रण अगदी थोडे घेतले, तर काय होईल, माहीत आहे ? त्यातून प्राणवायू निघेल व बाटलीत जाईल; पण त्या बाटलीत असलेली हवा त्यात मिसळेल. आणि हवामिश्रित प्राणवायू म्हणजे शुद्ध प्राणवायू नाही म्हणून तो टाकून द्यावा लागणार. मघाशी घेतलेला क्षार आणि मॅगनीझचे ऑक्साईड ह्यांच्या मिश्रणापासून प्राणवायू मिळवण्याकरता आपल्याला प्रयोगशाळेतला स्पिरिटचा दिवाही पुरेसा होतो. त्याच्या तयारीकरता आपण दोन प्रक्रिया सुरू करू या. थोड्याशा मिश्रणापासून वायू किती सहजपणे निघतो, पहा. आता हा वायू तपासून त्याचे गुणधर्म शोधू या. मघाशी बॅटरीच्या सहाय्याने मिळवला, तसा आपण या पद्धतीने प्राणवायू मिळवू शकलो. पारदर्शक, पाण्यात विरघळणारा, हवेचे सर्व दृश्य गुणधर्म असलेला, असा हा वायू आहे. पात्रात हवा होती; म्हणून पहिल्यांदा साठलेला प्राणवायू सोडून दिला. आता प्रयोगाकरता आपली चांगली तयारी झाली आहे. मघाशी बॅटरीच्या मदतीने मिळवला, तेव्हा आपण या वायूचा एक गुणधर्म बघितला. तो म्हणजे लाकूड, मेण किंवा कोणत्याही पदार्थाच्या ज्वलनाला हा शक्ती पुरवतो. आता मिळवलेल्या प्राणवायूतही तो गुण आहे का, बघू. हा जळता काकडा मी ह्या पात्रात बुडवतो, पहा ज्वलन कसे तेजस्वी

झाले ! हा वायू जड आहे. बंधन नसेल, तर हायड्रोजन वर वर जातो. पाण्याच्या विघटनातून हायड्रोजन प्राणवायूपेक्षा दुप्पट मिळाला होता. पण वजनाच्या बाबतीत तो दुप्पट असत नाही. उलट हायड्रोजन फार हलका असतो आणि प्राणवायू चांगलाच जड असतो. वायू किंवा हवा यांचे वजन करण्याचे साधन आपल्याकडे आहे. त्याची माहिती देण्यापेक्षा मी तुम्हाला त्या वायूंची वजने सांगतो. एक पाइंट हायड्रोजनचे वजन  $\frac{3}{8}$  ग्रेन असते; तर एक पाइंट प्राणवायूचे वजन १२ ग्रेन (जवळजवळ). केवढा फरक आहे ना ? तसेच एक घनफूट हायड्रोजन चे वजन  $\frac{1}{12}$  औंस असते; तर एक घनफूट प्राणवायूचे वजन  $\frac{1}{3}$  औंस होते. आता प्राणवायूचा ज्वलनाला पोषक होण्याचा गुण बघू. हवेत होणाऱ्या ज्वलनाशी तुलना करू. हा मेणबत्तीचा तुकडा हवेत पेटवतो. आता या काचपात्रात प्राणवायू भरलेला आहे. ते पात्र जळणाऱ्या मेणबत्तीवर मी उपडे ठेवतो. आता मेणबत्तीच्या



आकृती क्र. २३

ज्वलनाला फरक पहा. हा प्रकाश व्होल्टाईक बॅटरीतून आलेल्या प्रकाशासारखा झगमगतो आहे. ती क्रिया किती जोरदार असली पाहिजे ! असे असले, तरी

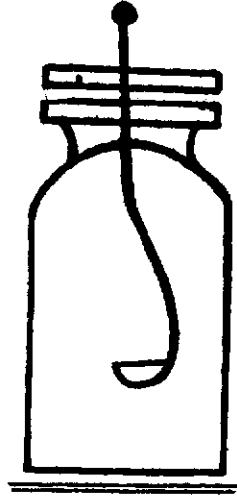
हवेत झालेल्या ज्वलनापासून जे मिळाले, त्याहून या ज्वलनातून काहीच अधिक निष्पन्न होत नाही. साध्या हवेऐवजी प्राणवायू वापरला, तरी पाण्याचे तेवढेच उत्पादन होते. मेणबत्ती हवेत जळल्याने जे आणि जसे घडते, ते तसेच आणि तेवढेच इथेही घडते.

हा नवीन पदार्थ आपल्याला मिळाला आहे. त्याचे आपण आणखी बारकाईने निरीक्षण करू आणि मेणबत्तीच्या ज्वलनापासून मिळणाऱ्या पदार्थाच्या (पाण्याच्या) या घटकाबद्दल आपल्याला चांगली समज आल्याचे समाधान करून घेऊ. ज्वलनाला हा किती पोषक होतो, हे पाहण्यासारखे आहे. ह्या दिव्याचेच उदाहरण घेऊ. साधा असला, तरी मुळात हा दिवा आहे. दिवे वेगवेगळ्या प्रकारचे बनवतात; आणि ते दीपस्तंभापासून ते सूक्ष्म उजेडापर्यंत निरनिराळ्या ठिकाणी वापरले जातात. आता एखादा दिवा शक्तिमान करायचा असेल, तर काय करावे ? तुम्ही म्हणाल, मेणबत्ती जशी प्राणवायूत तेजस्वी झाली, तसा दिवाही होईल. अर्थात होईल. अँडरसन माझ्या हातात जी ही नळी देतील, तिच्यातून प्राणवायू येत राहील. दिव्याच्या ज्योतीला मी ती लावतो. पण त्यापूर्वी दिव्याची ज्योत मंद करतो. आता ज्योतीत अधिक तेज आले. आता प्राणवायूचा पुरवठा बंद करतो. काय झाले ? ज्योत पुन्हा मंदपणे तेवू लागली. प्राणवायूमुळे आपण ज्वलन जोरदार करू शकतो. हायड्रोजन, कार्बन किंवा मेणबत्ती यांच्यापुरतेच ते मर्यादित नाही; तर कोणत्याही ज्वलनाच्या बाबतीत ते खरे आहे. उदाहरण म्हणून आपण लोखंडाच्या ज्वलनाकडे वळू या. ते हवेत कसे जळते, ते तुम्ही पाहिलेच आहे. या काचेच्या बरणीत प्राणवायू आहे. इथे हा लोखंडी सळईचा तुकडा आहे. तो जरी माझ्या मनगटाइतका जाड असता, तरी तो असाच जळला असता. हा तुकडा मी लाकडाच्या तुकड्याला जोडतो आणि लाकूड पेटवतो. दोन्ही ह्या बरणीत सोडतो. लाकूड जळू लागले. बरणीत घातल्यावर अधिक तेजाने जळू लागले. ते आपले ज्वलन सळईला देऊ लागलंय. पहा, सळई कशी झळळून उठत आहे ! हे ज्वलन बराच वेळ चालू राहील. जोवर प्राणवायूचा पुरवठा होत राहील, तोवर सळई जळत राहील



- अगदी ती संपून जाईपर्यंत.

हे बाजूला ठेवून आपण आता दुसरा पदार्थ घेऊ या. जेवढा वेळ असेल, त्यात जास्तीत जास्त प्रयोग करून बघणे हा तुमचा हक्कच आहे. पण वेळेअभावी प्रयोगांवर मर्यादा घालणे आपल्याला भाग पडणार आहे. आपण गंधकाचा <sup>३६</sup> (सल्फर) तुकडा घेऊ. गंधक हवेत कसे जळते, तुम्हाला माहीत आहे ? आता ते प्राणवायूत कसे अधिक तीव्रपणे जळू लागलं आहे ! तसे ते शांतपणे जळत आहे; पण त्याची तीव्रता आणि वेग प्राणवायूत वाढला त्याकडे आपल्याला दुर्लक्ष करून चालणार नाही. हे सर्व ज्वलनाचे नमुने पाहून हवेतली ज्वलन घडविण्याची सारी शक्ती या वायुकडूनच आली आहे, असे तुम्हाला वाटू लागेल.



आकृती क्र. २४

मी तुम्हाला आता फॉस्फरसचे ज्वलन दाखवणार आहे. तुम्ही ते घरी करून पाहण्यापेक्षा अधिक चांगल्या रितीने मी इथे दाखवू शकतो. हा फार चटकन जळणारा पदार्थ आहे. हवेत तो इतक्या झपाट्याने जळतो, तर

प्राणवायूत त्याचे काय होईल ? अगदी किंचितसा फॉस्फरस घेतो; नाहीतर त्याच्या भडक्याने हे काचपात्र फुटून जाईल. या किंचितशा फॉस्फरसमुळेही काचला तडा जाण्याचा संभव आहे. आणि निष्काळजीपणे वस्तुंची मोडतोड मला नको आहे. हा आधी हवेत कसा जळतो, ते पहा. आता तो प्राणवायूच्या पात्रात सोडतो. त्याचा प्रकाश किती तेजस्वी झाला, पहा. त्याच्यातून काही तरी घनपदार्थ बाहेर निघत आहे. त्यामुळेही त्याचा प्रकाश तेजस्वी झाला आहे.

आत्तापर्यंत आपण प्राणवायूची शक्ती अनेक प्रकारे आजमावली. इतर पदार्थांच्या ज्वलनाला तो कशी शक्ती पुरवतो, ते पाहिले. आता हायड्रोजनच्या तुलनेत प्राणवायूकडे पाहू या. पाण्यातून निघालेले हे दोन वायू जेव्हा एकत्र जळू दिले, तेव्हा छोटा स्फोट झाल्याचा अनुभव आला. प्राणवायू आणि हायड्रोजन ज्या प्रमाणात पाण्यात सामावलेले असतात, त्याच प्रमाणात मिसळलेले असताना मी त्यांना जळू दिले होते, हेही तुम्हाला आठवत असेल. आता ह्या पात्रात १ भाग प्राणवायू आणि २ भाग हायड्रोजन असे मिश्रण आहे. म्हणजे पाण्याचे विघटन करून आपल्याला ज्या प्रमाणात ह्या वायूंचे मिश्रण मिळाले होते, त्या प्रमाणात ते इथे आहेत. ते तसेच जाळणे कदाचित् बरोबर होणार नाही; म्हणून साबणाचे फुगे करून जाळावेत अशी व्यवस्था केली आहे. अशा एक-दोन प्रयोगांनी प्राणवायू हायड्रोजनच्या ज्वलनाला कशी मदत करतो, हे आपल्याला दिसून येईल. पहिल्यांदा साबणाचे फुगे बनविण्याकरता मी नळीतून हायड्रोजन या फेसात सोडतो. हा वायू चाललाय. पहा, हा फुगा निघाला. हे फुगे माझ्या हातात येत आहेत. ह्या प्रयोगाच्या वेळी मी विचित्रपणा करतो आहे, असे तुम्हाला वाटेल; पण तुम्ही आवाजावर नेहमी विश्वास न ठेवता प्रत्यक्ष घटनांवर ठेवावा, या उद्देशानेच मी हे करतो आहे. मी फुगा हातावर फोडतो. या नळीवाटे फुगा पेटवायची मला भीती वाटते; कारण त्याचा स्फोट सर्व पात्रभर पोहोचेल व पात्र फुटेल. हा प्राणवायू हायड्रोजनला मिळेल; पण प्राणवायूची शक्ती हायड्रोजनच्या गुणधर्मांना उदास करण्यात संपून जाईल.

आत्तापर्यंत जे काही म्हटले, त्यावरून प्राणवायू आणि हवा यांच्या संदर्भात पाण्याचा इतिहास तुमच्या लक्षात आला असेल. पोटॅशियम पाण्याचे विघटन का करते ? कारण पाण्यातला प्राणवायू पोटॅशियमला जाऊन मिळतो. पाण्यात पोटॅशियम टाकल्यावर काय निघते ? हायड्रोजन. हायड्रोजन जळतो; पण पोटॅशियम मात्र प्राणवायूला जाऊन मिळते. मेणबत्ती हवेतून प्राणवायू घेऊन जळते. त्या ज्वलनातून पाणी उत्पन्न होते. त्याच पाण्यातला प्राणवायू पोटॅशियम शोषून घेते व त्यातल्या हायड्रोजनला मुक्त करते. बर्फाच्या खड्यावर जरी पोटॅशियमचा तुकडा ठेवला, तरी तेच घडते आणि बर्फ पोटॅशियमला जाळू लागते. आज मी हे सगळे तुम्हाला दाखवत आहे. त्यामुळे पदार्थाविषयी तुमच्या कल्पना स्पष्ट होतील आणि परिस्थितीनुसार परिणाम कसे बदलतात, याची तुम्हाला जाणीव होईल. बघा, बर्फावर ठेवलेला हा पोटॅशियमचा तुकडा ज्वालामुखीसारखा दिसतो आहे.

आपण निसर्गाचे नियम जाणून त्यांच्या चौकटीत राहतो, हेच योग्य आहे. मेणबत्तीसारखा निष्पाप पदार्थच नाही, तर रस्त्यावर एखादा पदार्थ जाळला किंवा शेंगडीत इंधन जाळले तरी कोणतीही अपायकारक घटना घडत नाही. पुढच्या वेळेला आपण भेटू तेव्हा अशा प्रयोगांचे वाईट परिणाम होणार असतील, तर ते मी तुम्हाला दाखवेन.



व्याख्यान पाचवे

## हवेत प्राणवायू - वातावरणाची रचना - त्याचे गुणधर्म - मेणबत्तीपासून उत्पन्न होणारे इतर पदार्थ - कार्बोनिक आम्ल - त्याचे गुणधर्म

मेणबत्तीच्या ज्वलनातून निघालेल्या पाण्यापासून प्राणवायू आणि हायड्रोजन मिळवता येतात, हे आपण पाहिले. मेणबत्तीच्या ज्वलनातून हायड्रोजन निघाला आणि प्राणवायू हवेतून मिळाला, असे आपण मानतो. मग तुम्ही स्वाभाविकपणे विचाराल - “असे जर आहे, तर मग साधी हवा आणि प्राणवायू हे दोन्ही मेणबत्तीच्या ज्वलनाला सारखेच पूरक का होत नाहीत ?” मेणबत्तीचे हवेत होणारे ज्वलन आणि प्राणवायूतले ज्वलन या दोन्हीतला फरक तुम्ही पाहिलात. त्या दोन्हीतला फरक तुम्हाला आठवतो आहे ना ? आता ते तसे का होते याचे उत्तर देण्याचा मी प्रयत्न करणार आहे. त्या उत्तराचा हवेशी घनिष्ठ संबंध आहे; म्हणून आपल्याही दृष्टीतून ते महत्त्वाचे आहे.

ज्वलनाखेरीज प्राणवायूच्या कितीतरी चाचण्या आपल्याकडे आहेत. मेणबत्ती हवेत जळताना आणि प्राणवायूत जळताना आपण पाहिली. त्या दोन्ही माध्यमात फॉस्फरसचेही ज्वलन आपण पाहिले. लोखंडाचे कण प्राणवायूत कसे जळतात, याचे प्रात्यक्षिक मी तुम्हाला दाखवले. याशिवाय आणि एक-दोन चाचण्या मी तुम्हाला दाखवणार आहे. त्यावरून प्राणवायूची तुम्हाला आणखी ओळख होईल. ही हंडी आहे. तिच्यात प्राणवायू भरला आहे, असे मी म्हणतो. पण त्याची खात्री करून घेण्याकरता एखादी ठिणगी टाकून तुम्ही बघू शकता, होय ना ? ज्वलनावरून आपण हंडीत प्राणवायू आहे, असे सिद्ध करू शकतो. त्याशिवाय आणखी एक कसोटी उपयोगी

पडते. या दोन हंड्यात दोन वेगळे वायू भरलेले आहेत. त्या हंड्या एकमेकांना जोडल्या, तरी ते वायू एकमेकात मिसळू नयेत याकरता त्यांच्यामध्ये एक झडप आहे. ती झडप मी बाजूला करतो. आता दोन वायू मिसळू लागले. तुम्ही विचाराल, कशावरून ? मेणबत्तीच्या तेजस्वी ज्वलनासारखे इथे तर काही दिसत नाही. पण इथे दुसऱ्या वायूत मिसळल्याने किती सुंदर लाल वायू मिळतो, पहा. त्यावरून एका हंडीत प्राणवायू होता, असे मला कळले. आता प्राणवायूत मिसळलेला हा दुसरा वायू \* साध्या हवेत मिसळवून पाहू. मेणबत्तीचे साधे ज्वलन होऊ शकते, अशी साधी हवा ह्या पात्रात आहे; आणि या बाटलीत आपला कसोटी वायू आहे. या दोन्हीचे मिश्रण आपण पाण्यावर घडवून आणून काय होते, बघू. बाटलीतला वायू पात्रातल्या हवेत मिसळायला लागला आहे. पूर्वीसारखीच क्रिया होऊन हवा लाल झाली; त्यावरून हवेत प्राणवायू आहे, अशी माझी खात्री होते. मेणबत्तीपासून निघालेल्या पाण्यातून निघाला, तोच हा प्राणवायू. असे जर आहे, तर मग मेणबत्ती प्राणवायूत जितकी तेजस्वीपणे जळते, तितकी तेजस्वीपणे ती हवेत का जळत नाही ? ह्याचे लगेच उत्तर देतो. माझ्याजवळ दोन पात्रे आहेत. त्यात विशिष्ट उंचीपर्यंत वायू भरले आहेत. दोन्ही सारखेच दिसत असल्याने मलाही माहीत नाही की, कशात हवा आहे आणि कशात प्राणवायू आहे. पण त्या दोन पात्रात तेच दोन वायू आहेत, हे निश्चित. हा इथे आपला कसोटी वायू आहे. तो आपण दोन्ही पात्रात मिसळून त्यातल्या लाल होण्याच्या क्रियेत काही फरक आहे का, ते आपल्याला तपासायचे आहे. आधी ह्या एका पात्रात कसोटी वायू सोडतो. हा पहा लाल झाला. त्याअर्थी त्यात प्राणवायू होता आता ह्या दुसऱ्या पात्रात कसोटी वायू सोडतो. इथे एक वेगळीच क्रिया होते. हे दोन वायू एकत्र करून

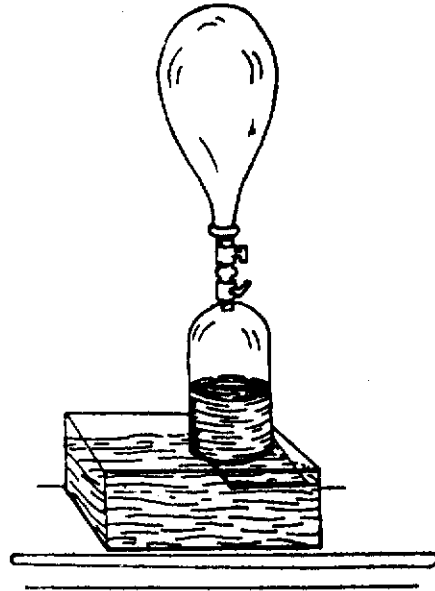
\* प्राणवायूची परीक्षा करण्याकरता इथे जो वायू वापरला आहे, त्याचे नाव आहे बायनोक्साईड ऑफ नायट्रोजन. त्याला नाइट्रस ऑक्साईडही म्हणतात. हा स्वतः रंगहीन असतो; पण प्राणवायूत मिसळल्याने त्यापासून हायपोनॅट्रिक आम्ल तयार होते. म्हणजेच वर सांगितलेला लाल वायू.

पाण्याबरोबर हलवून मिसळले की लाल वायू नाहीसा झाला. त्या मिश्रणात मी आणखी कसोटी वायू मिसळला आणि चांगले हलवले, की पुन्हा लाल वायू शोषला जातो. पात्रात जोवर प्राणवायू असेल, तोवर मी हे करत राहू शकतो. हवा कितीही मिसळली, तरी हरकत नाही; पण ज्या क्षणी पाणी मिसळेल, त्या क्षणी लाल वायू शोषला जाईल. या वायूमुळे हवा किंवा प्राणवायू रंगीत होतो तोपर्यंत मी कसोटी वायू मिसळत राहीन. असे करताकरता लाल न होणारा एक पदार्थ शिल्लक राहील. ते कसे काय ? प्राणवायूखेरीज इतरही पदार्थ पात्रात होते, हे मी तुम्हाला आता दाखवतो. ह्या पात्रात आणखी हवा सोडतो. ती लाल झाली बघा. ह्याचा अर्थ आत कसोटी वायू शिल्लक होता. तेव्हा मघाशी शिल्लक राहिलेला वायू लाल झाला नाही याचा अर्थ आत पुरेसा कसोटी वायू नव्हता, असा नव्हता.

आता मी जे सांगणार आहे, ते तुमच्या लक्षात येईल. मी फॉस्फरसचे ज्वलन केले, ते तुम्ही पाहिलेत. हवेतला प्राणवायू घेऊन तो जळला, तेव्हा धूर झाला होता. त्या वेळी पात्रात न जळलेला आणखी वायू शिल्लक होता. त्या वायूला फॉस्फरस काहीच करू शकला नव्हता. जसा वरच्या उदाहरणात लाल झालेल्या वायूशिवाय आणखी वायू शिल्लक होता, त्या वायूलाही आपला कसोटी वायू लाल करू शकला नव्हता. दोन्ही ठिकाणी तो प्राणवायू नक्कीच नव्हता; पण तरीही तो हवेचा एक घटक होता.

आपल्या भोवतीच्या वातावरणात किंवा हवेत दोन प्रकारचे वायू आहेत. एक तर प्राणवायू. हा मेणबत्ती, फॉस्फरस किंवा इतर कोणत्याही वस्तुच्या ज्वलनाला उपयोगी पडतो. आणि हा जो दुसरा वायू आहे, नत्रवायू<sup>३७</sup>, ह्याचे हवेत मोठे प्रमाण असते. तो ज्वलनाला मदत करीत नाही. या वायूचा अभ्यास केल्याने त्याची वैशिष्ट्ये आपल्याला समजतात. तो एक उदासीन वायू आहे. म्हणजे काय ? म्हणजे तो ज्वलनाला मदत करीत नाही. आता पहा, जळता काकडा आपण हायड्रोजनमध्ये ठेवला, तर हायड्रोजन पेट घेईल. तो प्राणवायूत ठेवला, तर काकडा मोठ्या तेजाने जळू लागेल. तोच काकडा कोणत्याही प्रकाराने नत्रवायूत धरला, तर तो स्वतःही जळत नाही

आणि काकड्याला जळायला मदत करीत नाही. मदत करत नाही एवढेच नाही, तर तो ज्वलन विझवून टाकतो. सर्वसामान्य परिस्थितीत नत्रवायूत ज्वलन होऊ शकत नाही. या वायूला चव नाही, वास नाही आणि तो पाण्यात विरघळत नाही. तो आम्लही नाही, अल्कलीही नाही. आहे ना खराच उदास ? मग रासायनिक दृष्टीने याचा अभ्यास करण्याचे कारणच काय असे जर तुम्ही विचाराल, तर शास्त्रज्ञ तुम्हाला चांगली उत्तरे देतील. समजा, आपल्या सभोवतालच्या हवेत नुसता प्राणवायू असता, तर काय झाले असते ? प्राणवायू भरलेल्या पात्रात लोखंडाचा तुकडा कसा संपेपर्यंत जळत राहिला होता, आठवतेय ? हवेत फक्त प्राणवायू असता, तर आपण पेटवलेल्या लोखंडी शेंगडीचे काय होईल, याची कल्पना करा. कोळशापेक्षा शेंगडीच अधिक तेजाने जळू लागेल. प्राणवायूमध्ये लोखंड हे कोळशापेक्षा अधिक ज्वालाग्रही बनते. कोळशावर चालणारी आगगाडी घ्या. इंजिनाच्या मध्यात लोखंडी पेटी असते. त्यातच कोळसा जाळतात. हवेत फक्त प्राणवायू असता, तर ही पेटीच जळू लागली असती. आणि इंजिनचे काय झाले असते ? हवेतले ज्वलन नत्रवायूमुळे काबूत ठेवले जाते आणि त्यामुळेच ते ज्वलन आपल्याला उपयोगी ठरते. तसेच मेणबत्तीपासून आणि इतर ज्वलनापासून जो धूर किंवा इतर पदार्थ निघतात, ते नत्रवायूमुळे सर्वत्र पसरले जातात. ज्वलनापासून निघणारे हे पदार्थ माणसाला उपयोगी नसतात; पण वनस्पतींना आवश्यक असतात. हा नत्रवायूच ते काम करीत असतो. ज्वलनातून बाहेर फेकलेले धूर, काजळी नत्रवायूमार्फत वनस्पतींपर्यंत पोहोचतात. असा आपल्याला हा वायू कल्याणकारी असतो. आणि त्याचा अभ्यास केल्यावर मात्र आपण त्याच्यावर पूर्ण उदासीन असा शिक्का मारतो. त्याच्या स्वाभाविक परिस्थितीत नत्रवायू हे अक्रियाशील असे मूलतत्त्व आहे. अतितीव्र विद्युत शक्ती अगदी थोड्या मात्रेत वापरल, तरच हा वायू हवेतील इतर मूलतत्त्वांत किंवा भोवतालच्या हवेतल्या इतर पदार्थांत मिसळतो. हा वायू इतका उदासीन आहे की, त्याला आपण सुरक्षित म्हणू शकतो. यापुढच्या तपशिलात जाण्यापूर्वी मी तुम्हाला हवेविषयी,



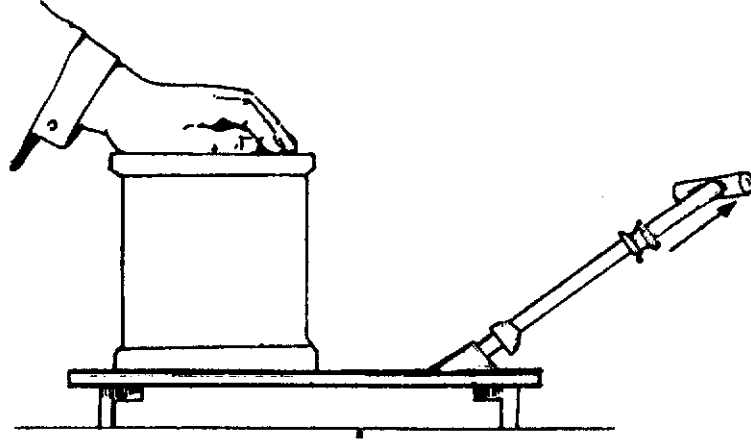
,आकृती क्र. २६

जास्तीची २० मापे हवा बरणीत उतरेल. पण त्याची खात्री करण्याकरता आपण तांब्याच्या बाटलीचे पुन्हा तराजूत वजन पाहू या. ते पूर्वीइतके भरले की, आपला प्रयोग यशस्वी झाला, असे समजायला हरकत नाही. बघा, हे ठीक झाले आहे. आता बाटलीत पंपाने घुसवलेल्या हवेचे वजनही आपण शोधू शकतो. अशाच पद्धतीने १ घनफूट हवेचे वजन  $\frac{6}{4}$  औंस असते, याची खात्री करून घेऊ शकतो. पण अशा लहानशा प्रयोगाने सर्व परिस्थिती तुमच्यापुढे येणार नाही. आकारमान वाढले, की वजन कसे वाढते, हे तपासणे म्हणजे एक विशेष अनुभव आहे. ही एक पेटी मी विशिष्ट उद्देशाने बनवली आहे. त्यात काय असेल ? त्यात १ पौंड हवा भरली आहे. ह्या खोलीतल्या हवेचे वजनही मी काढले आहे. तुम्हाला कल्पना करता येणार नाही; पण खोलीतल्या हवेचे वजन १ टनापेक्षा अधिक आहे. आकारमानाबरोबर झपाट्याने वजन वाढत जाते. आपल्या भोवतीच्या

वातावरणात प्राणवायू आणि नत्रवायू असणे आवश्यक आहे. वायुरूप पदार्थ इकडून तिकडे नेण्याचे काम, विशेषतः घाण वासाचे वायू जिथे उपयुक्त आहेत तिकडे पोहोचवण्याचे नत्रवायूचे काम फार कल्याणकारी आहे.

हवेच्या वजनासंबंधी मी तुम्हाला एक छोट्यासे प्रात्यक्षिक दाखवले. आता ह्या हवेच्या वजनाचे काही परिणाम दाखवतो. त्याशिवाय तुमची जाण पूर्ण होणार नाही. आणि समजावून घेणे हा तर तुमचा हक्कच आहे. आता मी दाखवणार आहे तशा प्रकारचा प्रयोग केल्याचे तुम्हाला आठवते का ? मघाशी बाटलीत हवा भरायला घेतला, तसा एक पंप घेतो. हा पंप मी अशा तऱ्हेने ठेवतो की, मला त्याच्यावर हात ठेवता येईल. मी माझा हात इतक्या सहजपणे ठेवतो की, हवा किंवा तिचा जोर मला जाणवत नाही. पण पंपातली हवा काढून घेतली की, माझा हात खिळून बसल्यासारखे झाले. का ? एवढेच नाही, तर माझ्या हाताबरोबर पंप इकडे तिकडे ओढला जातो. मला हात सोडवून घेणे मुश्किल झाले आहे. हे असे का ? ह्याचे कारण हवेचे वजन. हवेचे वजन माझ्या हाताला खिळवून टाकते. आता हा दुसरा प्रयोग बघा. ह्या पात्राच्या तोंडावर ताणून रबराचा रूमाल बसवला आहे. रबर सपाट दिसते आहे. पात्रात हवा आहे. ती मी पंपाने खालच्या बाजूने काढून घेऊ लागलो तर काय होते ? सपाट रबर खोल जाऊ लागते. मी तशीच हवा आणखी काढत राहिलो, तर ते रबर आणखी खोल जाईल आणि वरच्या हवेचा भार सहन करण्याची ताकद संपली, की रबर फाटून जाईल. हे रबरला वरून ढकलणाऱ्या हवेमुळे झाले आहे, हे तुम्ही समजू शकाल. हवेचे कण वातावरणात एकावर एक असे उभे असतात. हे पाच ठोकळे एकमेकांवर उभे आहेत, तसे वरचे चार खालच्यावर उभे आहेत. मी तळातला ठोकळा काढला, तर वरचे ठोकळे खाली बसतील. तसेच वातावरणाचे होते. वरची हवा खालच्या हवेवर उभी असते. खालची हवा काढून घेतली, तर वरची हवा खाली उतरते, ते तुम्हाला रबराच्या प्रयोगावरून दिसले. आता ते अधिक चांगल्या रितीने समजावून घेऊ. ह्या पात्रावर रबराचा रूमाल बांधला, आहे. त्या पात्रातली हवा खालून काढून घेतो. नीट बघा. खालची हवा आणि वरची हवा यामध्ये रबराचा पडदा आहे. पात्रातली हवा काढून

घेऊ लागलो की, वरच्या हवेचा दाब स्पष्टपणे दिसतो. मी त्या पात्रात हात

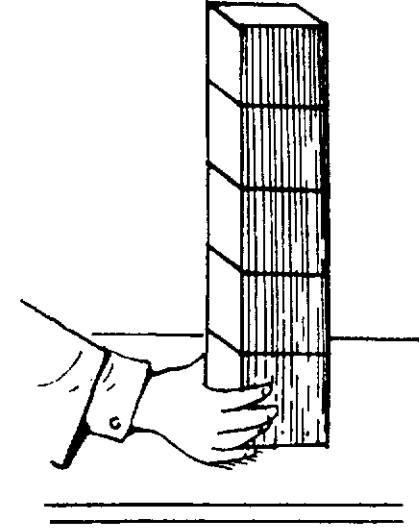


आकृती क्र. २७

घालतो; पण तिथे मला काहीच जाणवत नाही. रबराचे आत ओढले जाणे, हा वरच्या हवेच्या दमदार क्रियेचा परिणाम आहे. ते ह्या विशिष्ट परिस्थितीत किती सुरेख स्पष्ट होते, पहा.

आजचं व्याख्यान संपल्यावर तुम्हालाही करता येईल असा एक प्रयोग मी तुम्हाला दाखवतो. पितळ्याच्या दोन अर्धगोलांचे हे उपकरण आहे. दोन अर्धगोल एकमेकांवर घट्ट बसवले आहेत. त्याला एक नळी लावून आपण त्यातली हवा काढून घेऊ. पण त्यापूर्वी हे अर्धगोल एकमेकांपासून सहज बाजूला करून घेता येतात, हे पाहून घ्या. हवा काढून घेतल्यावर काय परिस्थिती होते ? तेच दोन अर्धगोल एकमेकांपासून वेगळे करणे अशक्य होऊन बसले. दोन अर्धगोलांनी बनलेला हा जो गोल आहे, त्याच्या

पृष्ठभागावरच्या प्रत्येक चौरस इंचावर १५ पौंड इतके हवेचे वजन पडत आहे. हवा काढून घेतल्यावर जोर लावूनही ते वेगळे करता येत नाहीत. वातावरणाच्या दाबाहून आपली शक्ती अधिक आहे का, ते आजमावून पहा.



आकृती क्र. २८

इथे एक खेळणे आहे. त्यात थोड्या सुधारणा केल्या आहेत. आपल्याला खेळण्यापासूनही विज्ञान शिकण्याचा अधिकार आहे. त्याला अनुसरूनच आजकाल शास्त्रज्ञ विज्ञानाचे रूपांतर खेळण्यात करताना आढळतात. वाटीसारख्या आकाराचे अर्धगोल रबरी खेळणे टेबलावर दाबले, की चिकटून बसते. का चिकटते ? मी ते सरकवू शकतो; पण ओढून काढायला गेलो तर जमत नाही. त्याबरोबर टेबल ओढले जाते पण खेळणे निघत नाही. सरकवून कडेला आणले; की मात्र निघते. वातावरणाच्या दाबाने ते टेबलाला चिकटून बसते. आपल्याकडे अशी दोन खेळणी आहेत. एकमेकांवर बसवली, तर ती घट्ट बसतात. खरे तर ही काचेवर किंवा भिंतीवर बसवली,

तर त्यांच्यावर वस्तू टांगता येते. संध्याकाळभर ती वस्तू जागेवर राहिल. ही खेळणी बनविण्याचा हेतू तोच असतो. तुम्हाला घरी करून बघता येतील असे प्रयोग दाखवावेत, असे मला वाटते. हा एक छान प्रयोग बघा. तोही हवेतल्या वातावरणासंबंधीचा आहे. समजा, मी तुम्हाला सांगितले की, हा पाण्याने भरलेला ग्लास उलटा धरा. पाणी हाताने अडवायचे नाही; पण ते सांडता कामा नये. केवळ वातावरणाच्या दाबाने तुम्ही ते करून दाखवू शकाल का ? एक छोटा ग्लास तो अर्धा किंवा पूर्ण पाण्याने भरा. त्यावर एक कार्ड ठेवा आणि ग्लास उलटा करा. पाणी सांडणार नाही. यात कार्डाचे आणि पाण्याचे काय होते, बघा. केशाकर्षणामुळे कार्ड ग्लासच्या कडेला चिकटून बसते आणि त्यामुळे हवा आत जाऊ शकत नाही.

ह्या खोक्यात एक पॉड हवा आहे, या खोलीत एक टन हवा आहे, असे मी म्हणतो. त्यावरून हवा म्हणजे काही आलतूफालतू गोष्ट नाही, हे तुम्हाला कळते. तो एक जबरदस्त पदार्थ आहे. त्याचे पदार्थत्व तुमच्या लक्षात आले असेल. अशा हवेचा प्रतिकार समजावून देण्याकरता मी एक प्रयोग दाखवतो. ही एक पोकळ नळी आहे. ती बटाट्याच्या-चकतीवर रोवून मी चकत्यांचे दोन नळीच्या आकाराचे तुकडे करतो. एक तुकडा नळीच्या एका बाजूला आणि दुसरा दुसऱ्या बाजूला बसवतो. नळीचे टोक बटाट्याच्या तुकड्याने घड्ड बंद झाल्याची खात्री करू. एका बाजूची चकती आत ढकलायचा प्रयत्न करतो. ती थोडी आत शिरते. दोन चकत्यांच्या मध्ये नळीत हवा कोंडली गेली आहे. ती थोडी दाबली जाते. पण काही एका मर्यादेनंतर हवा आणखी दाबली जात नाही आणि दुसऱ्या बाजूची चकती फटकन बाहेर उडते. आतली हवा तिला बाहेर ढकलते. बंदुकीत थोडा-फार असाच प्रकार होतो; म्हणून गोळी उडते.

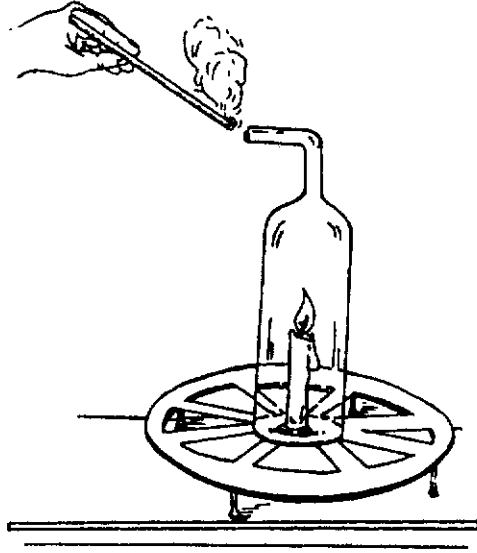
काही दिवसांपूर्वी मी एक प्रयोग पाहिला. तो तुम्हाला दाखवला, तर आपला मुद्दा अधिक स्पष्ट होईल. हा प्रयोग सुरू करण्यापूर्वी थोडा वेळ गप्प बसून राहायला पाहिजे; कारण या प्रयोगाचे यश मुख्यतः माझ्या फुफ्फुसांच्या शक्तीवर अवलंबून आहे. एका कपातले अंडे मी फुंकरीने

दुसऱ्या कपात ढकलण्याचा प्रयत्न करणार आहे. हवेचा जोर दाखवण्यासाठी चांगली जोराची फुंकर मारली पाहिजे ना ? मी सतत बोलत असल्याने कदाचित अंडे सरकणार नाही. बघू या.

मी फुंकर मारतो तेव्हा अंडे व कप ह्यांच्यामध्ये जोराने हवा घुसवतो. हवेच्या त्या जोराने अंडे वर उचलले गेले. खरे तर हवेच्या मानाने अंडे ही वस्तू खूपच जड आहे. तुम्ही जेव्हा हा प्रयोग कराल, तेव्हा अंडे आधी चांगले उकळून घ्या, बरे का !

‘हवेचे वजन’ या गुणधर्मावर आपण बराच वेळ घालवला. ‘हवेचा लवचिकपणा’ या गुणाचाही उल्लेख केला पाहिजे. नळीतून बटाट्याचा एक तुकडा उडण्यापूर्वी दुसऱ्या बाजूचा तुकडा आत दाबला गेला. तसेच पंपाने तांब्याच्या बाटलीत मी बरीच हवा दाबून भरू शकलो होतो. हवेच्या ह्या लवचिकपणाचे आणखी एक छान उदाहरण सांगतो. पातळ रबरासारखा हवेला नीट सामावून घेणारा पदार्थ घेतो. रबर स्वतःही आंकुचन-प्रसरण पावणारे असल्याने हवेचा लवचिकपणा (आंकुचन-प्रसरण क्रिया) आपल्याला प्रत्यक्ष दिसू शकतो. आता ह्या रबराच्या फुग्यात थोडी हवा भरली आणि त्या फुग्याच्या भोवतालची हवा काढून घेतली, तर काय होईल, माहीत आहे ? तो फुगा प्रसरण पावून मोठा मोठा होत जाईल. निर्वात बरणीत हा फुगा असेल, तर ती बरणी फुग्याने भरून जाईल. ह्यावरून हवेची प्रसरण-क्षमता किती प्रचंड आहे, ह्याची तुम्हाला कल्पना येईल. हवा दाबून भरली जाते ह्यात तिची आंकुचनक्षमता दिसली होती. हवेचा लवचिकपणा हा गुणधर्म फार मोलाचा आहे. जगातल्या निर्मितीकरता हवेचा हा गुण फार आवश्यक असतो.

आपल्या विषयाच्या एका महत्त्वाच्या भागाकडे आता आपण वळणार आहोत. मेणबत्तीच्या ज्वलनातून बऱ्याच गोष्टी निर्माण होतात, हे आपल्याला माहीत आहे. काजळी, पाणी याशिवाय आणखी एका गोष्टीचे उत्पादन होते, हे आपल्या लक्षात आले आहे. पण ती काय आहे, कशी आहे,



आकृती क्र. २९

याचा शोध आपण घेतलेला नाही. ज्या वेळी मेणबत्तीतून निघालेले पाणी आपण साठवले, तेव्हा हा तिसरा पदार्थ आपण सोडून दिला. आता त्याची तपासणी करू या.

आता मी जो प्रयोग तुम्हाला दाखवणार आहे, त्यामुळे ही तपासणी जरा सुकर होईल. जळती मेणबत्ती इथे ठेवून त्यावर धुराड्यासारखे हे काचपात्र ठेवू या. ते खालून व वरून उघडे असल्याने त्याखाली मेणबत्ती जळत राहील. प्रथम काचपात्रात आर्द्रता दिसते. तिच्याबद्दल आपल्याला माहिती आहे. ज्वलनातून निघणाऱ्या हायड्रोजनवर हवेची प्रक्रिया होऊन ती वाफ निर्माण झाली आहे. त्याशिवाय आणखीही काही या नळीतून बाहेर पडत आहे. ती वाफ नाही (म्हणजे पाणी नाही). त्या पदार्थाचे घनीभवनही होत नाही. पण तरीही त्याचे काही विशेष गुणधर्म आहेत. जेथून हा पदार्थ बाहेर पडतो आहे, त्या नळीपाशी जळती काडी विझायला आली. ती काडी जर मी नळीच्या तोंडाशी धरली, तर पूर्ण विझून जाईल. हे ठीक झाले ना ? तुम्हाला काय

वाटते ? ठीकच झाले; कारण नत्रवायू ज्वलनाला जराही मदत करत नाही. एवढेच नाही, तर तो वायू ज्वलन विझवून टाकतो आणि आपली काडी तर नत्रवायूतच धरली आहे. ती विझणारच. आता प्रश्न असा आहे की, नळीतून फक्त नत्रवायू येतो आहे की आणखीही काही आहे ? असे बाहेर पडणारे वायू कोणते आहेत, ते पाहण्याकरता आपण प्रयोग करू या. असे वायू कोणते आहेत हे शोधायला काय करायला पाहिजे, ते मला माहित आहे. प्रथम ही रिकामी बाटली या धुराड्याच्या नळीवर धरतो व बाहेर निघणारे सर्व वायू साठवून घेतो. या वायूमध्ये जळती काडी विझवून टाकणे एवढाच गुण नाही; तर इतरही गुण आपल्याला दिसून येतील.

ही चुनखडी आहे. तिच्यावर मी हे पाणी ओततो व ढवळतो. ते मिश्रण गाळून ह्या बाटलीत भरतो. बाटलीतले पाणी स्वच्छ व पारदर्शक दिसत आहे. अशी चुन्याची निवळी माझ्याजवळ पुष्कळ आहे. पण आपल्या प्रयोगाकरता ही मी तुमच्यासमोर तयार केली, तीच वापरणार आहे. मेणबत्तीतून निघणारे पदार्थ ज्या बाटलीत साठवले आहे, त्यात ही निवळी ओततो. ह्या निवळीचा रंग कसा दुधी <sup>३८</sup> झाला, पहा. साध्या हवेमुळे निवळी अशी दुधी होत नाही. ह्या बाटलीत साधी हवा आहे. त्यात निवळी ओततो व बाटली चांगली हलवतो. पण ती तशीच स्वच्छ पारदर्शक राहिली. म्हणजे हवेतील प्राणवायू, नत्रवायू तिचा रंग बदलू शकत नाहीत. आता ही बाटली धुराड्याच्या नळीजवळ धरून मेणबत्तीतून निघणारे पदार्थ आत घेतो. लगेच निवळी दुधी झाली, बघा. चुन्याची निवळी बनवण्याकरता मी चुनखडी वापरली; तिच्यावर मेणबत्तीच्या ज्वलनातून निघणाऱ्या पदार्थाची क्रिया झाली.

निवळीचा रंग बदलला (त्या पाण्यात खडूची पूड आढळली). मेणबत्तीपासून निघणारा हा कोणता पदार्थ आहे, हे तपासू या. हा पदार्थ ज्या क्रियेमुळे आपल्याला समजला, ती क्रिया या निवळीवर झाली. ती क्रिया प्राणवायू, नत्रवायू किंवा पाण्यावर निश्चितच घडली नाही. मेणबत्तीच्या ज्वलनातून निघालेला हा पदार्थ नक्का आहे. तो आणि चुन्याची निवळी यापासून ही



पांढरी खडूची पूड कशी तयार झाली, हे शिकायला पाहिजे. तसे केले म्हणजे मेणबत्तीच्या ज्वलनाचे खरेखुरे स्वरूप आपल्या लक्षात येईल. मेणबत्तीतून हा काय पदार्थ निघतो ? एका बाटलीत थोडी खडूची पूड व किंचित पाणी टाकले व ते तापवून लाल केले, तर त्यातून एक पदार्थ निघतो. तो आणि आपला हा अनोखा पदार्थ एकच आहेत.

त्या पदार्थाचे गुणधर्म समजावून घेण्यासाठी आपल्याला हा पदार्थ मोठ्या प्रमाणावर मिळवला पाहिजे. त्याची एक पद्धत आपल्याला माहीत आहे. हा पदार्थ आपल्याला व्यवहारात कित्येक ठिकाणी आढळतो आणि तोही अनपेक्षित ठिकाणी. सर्व प्रकारच्या चुनखडीत हा वायू साठलेला असतो. त्याला कार्बोनिक आम्ल <sup>३४</sup> म्हणतात. खडू, शिंपले, कोरल या सर्व पदार्थात भरपूर प्रमाणात हे **कार्बोनिक आम्ल**\* सामावलेले असते. संगमरवर आणि खडू यात हा वायू सामावलेला असतो. अशा वेळी तो आपले वायुरूप गुण सोडून घनरूप धारण करतो. या कारणाने डॉ. ब्लॅक त्याला 'बसवलेली हवा' असे म्हणत. संगमरवरातून हा वायू आपल्याला सहजपणे विलग करता येतो. ह्या बाटलीत थोडे म्युरियाटिक आम्ल आहे. आणि माझ्याजवळ ही जळती काडी आहे. ही जळती काडी जर मी त्या बाटलीत घातली, तर बाटलीत साधी हवा आहे असेच दिसून येईल. बाटलीत अगदी तळापर्यंत साधी हवाच आहे. हे थोडे संगमरवराचे तुकडे आहेत. हा चांगल्या दर्जाचा\* संगमरवर आहे. आता हे तुकडे मी बाटलीत सोडतो. आत कशी उकळी फुटायला लागली, बघा. ही उकळी सारखी दिसते; पण तिथे वाफ नाही. आणि हा एक वायू बाहेर पडू लागला आहे; तो आपण साठवू या. या वायूची परीक्षा जळत्या काडीच्या सहाय्याने केली, तर ती विझून जाते.

\* कार्बोनिक आम्ल आजकाल फक्त कार्बन डायॉक्साईड अथवा कर्बद्विप्राणील वायू म्हणूनच ओळखला जातो.

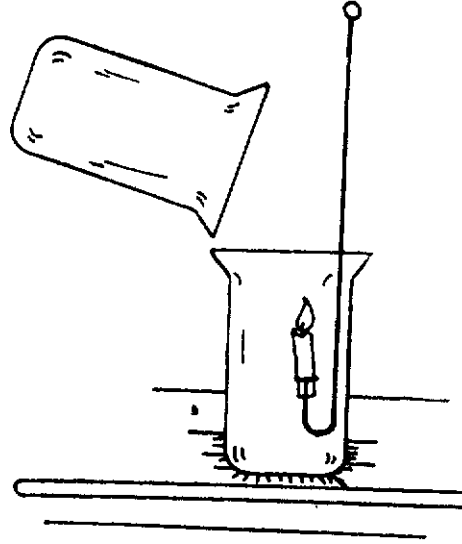
\* संगमरवर हे कार्बोनिक आम्ल व चुनखडी यांचे संयुग आहे. म्युरियाटिक आम्ल हे दोघापेक्षा अधिक तीव्र असल्याने ते कार्बोनिक आम्लाची जागा घेते व कार्बोनिक आम्ल वायुरूप होऊन सुटून जाते आणि जे राहते, म्हणजे म्युरिएट ऑफ लाइम किंवा क्लोराईड ऑफ कॅल्शियम.

म्हणजे मेणबत्तीतून बाहेर पडणाऱ्या त्या वायूचा जो परिणाम काडीवर झाला, तोच इथे दिसून येतो. हे दोन्ही पदार्थ एकच आहेत. या पद्धतीने कार्बोनिक आम्ल आपण मोठ्या प्रमाणावर मिळवू शकतो. ही बाटली त्याने भरून गेली, बघा. हा वायू फक्त संगमरवरातच नाही. आता आणखी एक पद्धत पहा. ह्या पात्रात खडूची पूड आहे. ती गाळून स्वच्छ करून घेतली आहे. भिंतींना, मूर्तींना रंग देण्यासाठी या पुडीचा उपयोग होत असतो. ह्या एका मोठ्या पात्रात ही पूड आणि पाणी आहे. माझ्याजवळ तीव्र असे सल्फ्युरिक आम्ल आहे. अशा प्रयोगात या आम्लाचा वापर करावा लागतो. (फरक एवढाच की, चुनखडीबरोबर हे आम्ल वापरले की, एक न विरघळणारा पदार्थ तयार होतो आणि म्युरियाटिक आम्ल वापरले की, पाण्यात विरघळणारा पदार्थ तयार होतो. या पदार्थांमुळे पाणी दाट होत नाही.) ह्या प्रयोगाकरता हे उपकरण मी का वापरत आहे, ह्याचे कारण तुम्हाला समजेल आणि जे मी मोठ्या प्रमाणावर करतो आहे ते तुम्हाला लहान प्रमाणावर करून बघता येईल. त्याकरताच मी हा प्रयोग तुम्हाला दाखवीत आहे. ह्या मोठ्या पात्रात मी कार्बोनिक आम्ल तयार करणार आहे. ह्या आम्लाचे गुणधर्म मेणबत्तीच्या हवेत केलेल्या ज्वलनापासून निघालेल्या वायूसारखेच असतील. हे आम्ल तयार करण्याच्या दोन पद्धती कितीही वेगवेगळ्या असल्या, तरी शेवटी मिळणारा पदार्थ एकच असणार आहे. ह्या कारणाने पद्धत कोणतीही वापरली तरी बिघडत नाही.

आता ह्या वायूच्या संबंधातला दुसरा प्रयोग करण्याच्या तयारीला लागू या. कसा आहे तो प्रयोग ? हे एक पात्र ह्या वायूने भरले आहे. इतर वायूंच्या बाबतीत केले, तशी ज्वलनाची पद्धत लावून बघू. हा वायू स्वतः जळत नाही व ज्वलनाला मदतही करत नाही. हा पाण्यात फारसा विरघळत नाही, या कारणाने आपण तो सहज पाण्यावर साठवू शकतो. ह्याचा एक परिणाम आपल्याला माहीत आहे. तो असा की चुन्याच्या निवळीच्या संपर्कात आला की तो पांढरा होतो. आणि असा पांढरा झाला म्हणजे तो चुनखडी किंवा कार्बोनेट ऑफ लाइम या पदार्थाचा एक घटक बनून राहतो.

हा पाण्यात किती अल्प प्रमाणात विरघळतो, हे तुम्हाला दाखवायलाच

पाहिजे. ह्या बाबतीत तो प्राणवायू किंवा हायड्रोजनपेक्षा खूप वेगळा आहे. इथे एक उपकरण आहे. त्याच्या सहाय्याने आपण ते मिश्रण तयार करू. उपकरणाच्या खालच्या भागात संगमरवर आणि आम्ल आहे; वरच्या भागात पाणी आहे. उपकरणातील चाव्यांच्या सहाय्याने हा वायू आपण एकीकडून



आकृती क्र. ३०

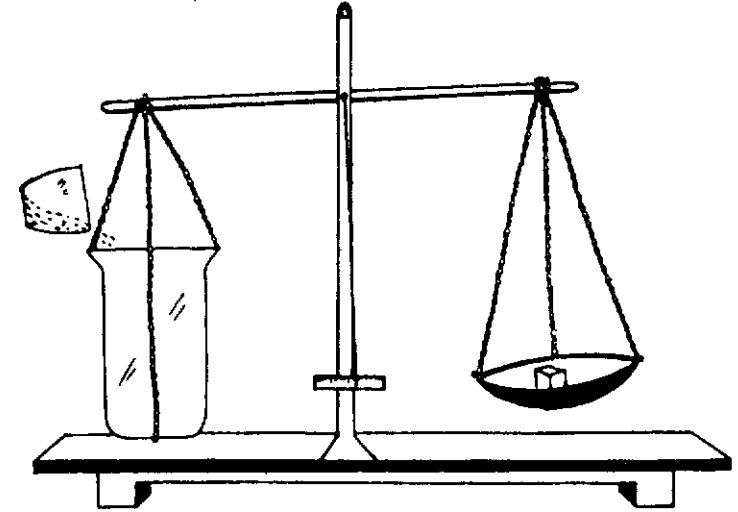
दुसरीकडे नेऊ शकू. आता मी प्रयोग सुरू करतो. पाण्यातून बुडबुड्यांमधून वायू वर येताना दिसत आहे. रात्रभर ही क्रिया चालू आहे; तेव्हा आतापर्यंत वायू पाण्यात विरघळायला हरकत नाही. एका ग्लासाने थोडे पाणी बाहेर काढून मी त्याची चव बघतो. चवीला ते आम्लासारखे लागते आहे. तेव्हा त्यात कार्बोनिक आम्ल मिसळले आहे. थोडी चुन्याची निवळी घातली, तर पाण्यात कार्बोनिक आम्ल मिसळले आहे किंवा नाही, याची परीक्षा होईल. ही निवळी घातली, बघा. खळखळाट होऊन ती पांढरी दुधी झाली. म्हणजे पाण्यात कार्बोनिक आम्ल मिसळले आहे.

हा वायू खूप जड असतो. वातावरणाच्या मानाने हा भारी आहे. खालील

तत्त्वात निरनिराळ्या वायूंची वजने तुलनेकरता दिली आहेत.

	१ पाइंट	१ घनफूट
हायड्रोजन	३/४ ग्रेन	१/१२ औंस
प्राणवायू	११९/१० ग्रेन	४/३ औंस
नत्रवायू	१०४/१० ग्रेन	७/६ औंस
हवा	१०७/१०	६/५
कार्बोनिक आम्ल	४९/३	१९/१०

एक पाइंट भरून घेतला तर त्याचे वजन ४९/३ ग्रेन आहे आणि एक घनफूटाचे १९/१० औंस भरले, म्हणजे जवळजवळ २ औंस झाले. अशा अनेक प्रयोगांनी हा वायू जड असल्याचे दिसून येते. समजा हवा भरलेल्या ग्लासात मी हा वायू घातला - तो ओतला गेला किंवा नाही हे जळत्या



आकृती क्र. ३१

काकड्याने तपासता येईल. चुन्याच्या निवळीची कसोटी लावली तरी ग्लासात हा वायू आहे हे दिसून येईल. आता कार्बोनिक आम्लाच्या या विहिरीत आपण ही छोटीशी बादली बुडवू या. बादलीत वायू चढला किंवा नाही हे जळत्या काकड्याने बघू. बादलीत वायू आला आहे, पहा.

आणखी एका प्रयोगाने मी तुम्हाला या वायूचे वजन दाखवणार आहे. तराजूच्या एका बाजूला एक पात्र अडकवले आहे. आता तराजूच्या दोन्ही बाजू सारख्या आहेत. पात्रात कार्बोनिक आम्ल ओततो. लगेच पात्र खाली गेले पहा. पुन्हा जळत्या काकड्याची कसोटी लावून खात्री करू या. आता हवेने भरलेला साबणाचा फुगा त्यात सोडला तर तो तरंगेल. त्यावरून पात्रातील कोणत्या पातळीपर्यंत हा वायू आहे ते समजेल. आणखी थोडे कार्बोनिक आम्ल ओतले तर फुगा वर उचलला जाईल. हे आणखी कार्बोनिक आम्ल ओततो, व फुगा सोडतो. पहा, तो तरंगू लागला आहे; कारण हवेपेक्षा हा वायू जड आहे. मेणबत्तीच्या ज्वलनातून कार्बोनिक आम्ल तयार होते. त्याचे काही गुणधर्म आणि वजन याची मी तुम्हाला ओळख करून दिली. पुढच्या वेळी आपण भेटू, तेव्हा या आम्लाचे घटक कोणते व त्यातील मूलतत्त्वे कोठून येतात, याची माहिती सांगेन.

●●●

व्याख्यान सहावे

## कार्बन किंवा कोळसा - कोल गॅस - श्वसन आणि मेणबत्तीचे ज्वलन यांची तुलना - सांगता.

एका बाईसाहेबांनी एकदा माझ्या व्याख्यानाला हजर राहून माझा मोठा सन्मान केला. आणि आता ह्या दोन मेणबत्त्या पाठवून तर त्यांनी मला उपकृतच करून ठेवले आहे. जपानमध्ये वेगळ्याच एका पदार्थापासून मेणबत्त्या बनवितात, असे मी तुम्हाला मागे एकदा सांगितले होते. ह्या मेणबत्त्या बहुधा त्याच पदार्थापासून बनविल्या असाव्यात. तसेच तुम्ही काही शोभिवंत मेणबत्त्याही इथे पाहिल्या होत्या. त्या फ्रेंच मेणबत्त्या होत्या. ह्या इथे असलेल्या मेणबत्त्यांत त्यांच्यापेक्षाही अधिक कलाकुसर केलेली आहे. ऐषारामात राहणाऱ्या लोकांकरता ह्या मेणबत्त्या बनविल्या आहेत. पण त्यांचे एक वैशिष्ट्य आहे; ते म्हणजे त्यांची वात पोकळ आहे. आपण आरगंड दिवा पाहिला, त्यात हीच खुबी होती. त्या खुबीमुळेच तो दिवा महत्त्वाचा ठरतो. पूर्वेकडच्या देशातून अशा भेटवस्तू एखाद्याला मिळतात. पण तिथून इथे पोहोचेपर्यंत त्या वस्तुत बराच बदल घडून आलेला असतो. त्या सपक आणि उदासवाण्या दिसू लागतात. आपण जर त्या स्वच्छ कपड्याने किंवा रेशमी रुमालाने घासून पुसल्या, तर त्यांचे मुळातले सौंदर्य पुन्हा प्रगट होते; त्यांचे रंग पुन्हा खुलून उठतात. या दोन मेणबत्त्यांतली एक मी अशी घासून पुसून साफ केली आहे; त्यामुळे त्या एकमेकींपेक्षा किती वेगळ्या दिसत आहेत, पहा. या ओतीव मेणबत्त्या आपल्या मेणबत्त्यांपेक्षा अधिक शंकूसारख्या आहेत.

मागच्या व्याख्यानात कार्बोनिक आम्ल (कार्बन डायॉक्साईड) याबद्दल मी तुम्हाला सविस्तरपणे सांगितले होते. तो वायू आपण बाटल्यांत साठवला होता. त्याला जेव्हा चुन्याच्या निवळीची कसोटी लावली, तेव्हा ती निवळी

दुधाळ झाली होती. खडूच्या पुडीसारख्या एका पदार्थामुळे ती दुधाळ झाली होती हेही आपण पाहिले. तसेच शिंपले, कोरल यात हा वायू असतो, हेही आपल्याला समजले. पण तरीही या पदार्थाविषयीची माहिती पूर्ण होत नाही. त्याचा रासायनिक इतिहास समजावून घेण्यासाठी आपण त्या विषयाकडे पुन्हा वळू या. मेणबत्तीतून निघणारे काही पदार्थ आणि त्यांचे गुणधर्म आपण पाहिले. त्यातून निघणाऱ्या वायुरूपी पाण्याचे पृथक्करण करून त्यातील मूलतत्त्वे तपासली. आता मेणबत्तीतून निघणारा हा कार्बन डायॉक्साईड (कार्बोनिक आम्ल) कोणत्या मूलतत्त्वांचा बनला आहे, ते बघायला पाहिजे. त्याकरता काही प्रयोग करावे लागतील. मेणबत्ती नीटपणे जळत असेल, तर तिच्यातून धूर निघत नाही; पण तिचे ज्वलन नीट होत नसल्यास खूप धूर निघतो आणि हाच धूर जळल्यामुळे मेणबत्ती आपल्याला सुंदर प्रकाश देते. हे तुम्हाला माहित आहे; पण ते सिद्ध करण्याकरता आपण एक प्रयोग करू. काजळी जोवर ज्योतीत राहून पेटते, तोवर आपल्याला प्रकाश दिसतो; काजळी किंवा धूर दिसत नाही. आता मी कापसाच्या बोळ्यावर टर्पेटाईन घालून पेटवतो. हे इंधन भकाभका जळते. त्यातून किती धूर निघून हवेत पसरतो आहे, पहा. मेणबत्तीतून निघालेले कार्बोनिक आम्ल हे अशाच धुरातून निघते. अधिक स्पष्ट करण्याकरता हा बोळा बरणीत धरतो. बरणीत बराच प्राणवायू आहे. बोळा बरणीत धरल्यावर काय होत आहे ? सर्व धूर नाहीसा झाला. म्हणजे काय झाले ? टर्पेटाईनच्या ज्योतीतून निघणारा कार्बन (काजळी किंवा धूर) प्राणवायूमुळे पूर्ण जळून गेला. आपल्या प्रयोगाचा हा पहिला भाग आहे. हा एक साधा आणि रांगडा प्रयोग झाला. पण तरी मेणबत्तीच्या ज्वलनाचे जे परिणाम आपल्या अनुभवाला आले, तेच या प्रयोगातून निष्पन्न होणार आहेत. हे प्रयोग मी तुम्हाला सोप्यासोप्या टप्प्यांतून दाखवत आहे, त्याला एक कारण आहे. तुम्ही आजपर्यंत जे शिकलात, जे बघितलेत, त्यामुळे तुमच्या मनात तर्काची एक साखळी तयार झाली, ती एका क्षणाकरताही हरवू नये हा माझा उद्देश आहे. तुम्ही फक्त लक्षपूर्वक एका आणि बघा. हवेत किंवा प्राणवायूत जळून गेलेल्या सर्व कार्बनचे रूपांतर कार्बन डायॉक्साईडमध्ये होऊन ते बाहेर पडते. जे कण

नीट जळत नाहीत, ते तसेच बाहेर पडतात. ज्योतीला जोपर्यंत प्राणवायूचा पुरवठा होत असतो, तोपर्यंत कार्बनचे कण जळतात आणि ज्योत आपल्याला झगमगीत प्रकाश देत राहते. पुरेसा प्राणवायू मिळाला नाही, तर ते कण बाहेर फेकले जातात. कार्बन आणि प्राणवायू यांचा संयोग होऊन कार्बन डायॉक्साईड कार्बोनिक् आम्ल - तयार होतो, हेच विशेष रूपाने तुम्हाला दाखवायला हवे. ते कळण्याकरता तुम्ही तयार झाला आहात. त्या संबंधात आता आपण काही प्रयोग करू.

ह्या पात्रात प्राणवायू भरला आहे. तापवून लाल करण्याकरता ह्या मुशीत थोडा कार्बन ठेवला आहे. हे पात्र मी पूर्णपणे कोरडे ठेवणार आहे. त्यामुळे प्रयोगाचा परिणाम कदाचित उत्तम येणार नाही; पण आपला प्रयोग मोठा चमकदार होईल. इथे कार्बन म्हणजे साधी कोळशाची पूड आहे. त्याच्या जळण्यावरून ते सहज लक्षात येईल. आता मी हे प्राणवायूत जाळणार आहे. फरक बघा. लांबून तुम्हाला त्यातून ज्योत निघाल्यासारखे वाटेल; पण ते तसे नाही. प्रत्येक कण ठिणगी होऊन जळतो आहे; आणि तो जळताना त्यातून कार्बन डायॉक्साईड निघत आहे. या दोन-तीन प्रयोगांतून तुम्ही जे शिकाल, त्याचा तुम्हाला पुढे उपयोग होईल. कार्बनचे कण घेण्याऐवजी मी आता त्याचा मोठा तुकडा घेतो व जाळतो. म्हणजे तुम्हाला त्याचा आकार व आकारमान दिसेलच; पण शिवाय त्याचा प्रभावही पाहता येईल. प्राणवायू भरलेले हे पात्र आणि हा कोळशाचा तुकडा त्याला लाकडाची ढलपी बांधून ज्वलन सुरू करतो. हा पहा, कोळसा जळायला लागला; पण तो ज्योतरूपात जळत नाही. एखादी लहानशी ज्योत कदाचित दिसेल. तिचे कारण कोळशाच्या पृष्ठभागावर थोडेसे कार्बोनिक् ऑक्साईड जमते आणि त्यातून ज्योत निघते. कोळसा जळत राहतो. त्याचा व प्राणवायूचा संयोग होऊन कार्बन डायॉक्साईड तयार होत राहतो. इथे आणखी एक कोळशाचा तुकडा आहे. तो झाडाच्या सालीपासून बनला आहे. तो जळताना सतत फटफट आवाज करून ठिणग्या उडत राहतात. उष्णतेचा परिणाम होऊन ह्या कोळशाचे लहान-लहान तुकडे होऊन विलग होतात. पण प्रत्येक तुकडा

मोठ्या कोळशासारखा जळत राहील. तो ज्योतरूपात जळणार नाही. हे सगळे कण जळत आहेत; पण ज्योतीचे नाव नाही. कोळसा ठिणग्यांच्या रूपाने जळतो, हे दाखवण्याकरता ह्याहून अधिक चांगला प्रयोग मला तरी माहीत नाही.

त्या ज्वलनातून कार्बन डायॉक्साईड निघत आहे. ज्वलनाच्या बरोबर लगेचच तो बनतो. त्याला चुन्याच्या निवळीची कसोटी लावल्यास पूर्वीचाच प्रत्यय येईल. मेणबत्तीच्या ज्वलनातून असो किंवा कोळशाच्या ठिणग्यातून असो, वजनाने ६ भाग कार्बन आणि १६ भाग प्राणवायू एकत्र आले की, आपल्याला कार्बन डायॉक्साईड मिळतो. आणि ह्या कार्बन डायॉक्साईडचे २२ भाग जर २८ भाग चुन्याबरोबर मिसळले, तर चुन्याचे कार्बोनेट मिळते. मोत्याच्या शिंपलीचे पृथःकरण केल्यास तिच्या प्रत्येक ५० भागांत ६ भाग कार्बन, १६ भाग प्राणवायू आणि २८ भाग चुना असल्याचे आढळून येते. अर्थात हे बारकावे तुम्हाला आता समजण्याची गरज नाही. आपण या संबंधातले सर्वसाधारण शास्त्र शिकत आहोत. प्राणवायूच्या पात्रात कोळसा सावकाश जळतो आहे म्हणजे तो विरघळतो आहे, असे अक्षरशः म्हणता येईल. हा कोळसा जर शुद्ध असेल तर त्याचा मागमूसही राहणार नाही. असा शुद्ध कोळसा आपल्याला सहज बनवता येतो. कोळसा जर शुद्ध आणि स्वच्छ असला, तर जळल्यानंतर त्याची राखसुद्धा राहत नाही. कार्बन हा घनरूप पदार्थ म्हणून जळतो. केवळ उष्णता त्याच्या या रूपात बदल घडवू शकत नाही. असे असूनही जळल्यावर त्याचा धूर होऊन जातो. सर्वसामान्य परिस्थितीत ह्या धुराचे द्रवीभवन किंवा घनीभवन होत नाही. या संदर्भात एक आश्चर्याची गोष्ट म्हणजे प्राणवायूचा कार्बनशी संयोग झाला, तरी प्राणवायूचे आकारमान बदलत नाही. प्रथम जेवढा असतो, तेवढाच राहतो; फक्त त्याचे कार्बन डायॉक्साईडमध्ये रूपांतर होते.

या कार्बन डायॉक्साईडशी आणखी परिचय व्हावा म्हणून मी आणखी एक प्रयोग दाखवतो. हे कार्बन आणि प्राणवायूचे संयुग आहे; तेव्हा त्याचे पृथःकरण करून ते दोन पदार्थ आपल्याला वेगळे करता आले पाहिजेत.

पाण्याचे घटक वेगळे केले, तसे याचेही घटक वेगळे करू या. ते शक्य आहे. ते झटपट करता येईल. पण त्याची कृती साधी असेल, अशी एखादी पद्धत आहे का ? आपण असा पदार्थ वापरू या, की जो कार्बन डायॉक्साईडमधला प्राणवायू शोषून घेईल आणि कार्बन मागे सोडेल. पाण्याचे पृथःकरण करताना आपण पोटॅशियमचा उपयोग केला होता, आठवते ? त्याने पाण्यातला प्राणवायू खेचून घेतला होता. कार्बन डायॉक्साईडच्या बाबतीत तसेच काही तरी करू या.

कार्बन डायॉक्साईड हा एक जड वायू आहे, हे आपल्याला माहीत आहे. या पात्रात तो वायू आहे. पण त्याची खात्री करण्याकरता मी त्याला चुन्याच्या निवळीची कसोटी लावणार नाही; कारण त्याने आपल्या पुढच्या प्रयोगात अडचण होईल. तेव्हा त्याचा जडपणा आणि ज्वलन विझवण्याचा गुण तपासूनसुद्धा पुरेसे होईल. प्रथम हा जळता काकडा पात्रात धरतो. हा विझला पहा. फॉस्फरसचे ज्वलन चांगले जोरदार असते. त्याचे ज्वलनही कार्बन डायॉक्साईडमध्ये विझते का ? हा फॉस्फरसचा तुकडा मी चांगला उच्च तापमानापर्यंत तापवला आहे. आता तो मी आपल्या वायूत धरतो. तोही विझला पहा. पण पात्रातून बाहेर काढल्याबरोबर त्याचे ज्वलन पुन्हा सुरू झाले, पहा. आता मी पोटॅशियमचा तुकडा घेतो. हवेच्या सर्वसामान्य तापमानातही हा पदार्थ कार्बन डायॉक्साईडवर क्रिया करतो. पण आपला उद्देश तेवढ्या क्रियेने पूर्ण होणार नाही. कारण क्रिया होऊ लागताच पोटॅशियमवर एक संरक्षक पुट चढू लागते. त्याकरता आपण तो चांगला तापवून घेऊ या; म्हणजे त्याच्या ज्वलनाकापर्यंत फॉस्फरसही आपण तापवून घेतला होता. आता जळायला लागलेला पोटॅशियमचा हा तुकडा मी वायूत धरतो. काय दिसते ? तो जळतच राहिला आहे. हे कसे झाले असेल ? त्याने कार्बन डायॉक्साईडमधला प्राणवायू ओढून घेतला, हे स्पष्ट आहे. पण मग आता पात्रात काय उरले आहे ? ते बघण्याकरता पोटॅशियमचा एक तुकडा मी कार्बन डायॉक्साईडमध्ये असाचा जळू देणार आहे. त्यावरून त्या वायूतले प्राणवायूचे अस्तित्व सिद्ध होईल. कधी कधी पोटॅशियमचा

तुकडा तापवताना स्फोट होतो. अशा वेळी तो टाकून देऊन दुसरा घ्यायचा. आता हा चांगला तापवलेला पोटॅशियमचा तुकडा मी वायूत धरतो. हवेत जितका चांगला जळत होता, तितका नाही; पण यात तो जळत राहिला आहे. दुसऱ्या एका घटकाशी संयोग पावलेला प्राणवायू यात आहे. तो खेचून घेऊन पोटॅशियमचे ज्वलन चालू राहिले आहे. हा पोटॅशियमचा तुकडा मी पाण्यात ठेवला तर काय होईल ? येथे पोटॅश तर तयार होतेच (पण त्याच्याशी आता आपल्याला काही काम नाही); पण बराच कार्बन तयार झालेला दिसतो. हा प्रयोग घाई-गडबडीत केला खरा. पण एक आहे, पाच मिनिटांऐवजी मी संबंध दिवसभर घालवून अगदी काळजीपूर्वक जरी मी हा प्रयोग केला असता, तरी ज्या जागी पोटॅशियम जळला असता, तिथे आपल्याला कार्बन मिळाला असता. म्हणजे परिणाम तोच मिळाला असता. आपल्या ह्या प्रयोगातून काळ्या स्वरूपाचा कार्बन मिळाला आहे. त्यावरून कार्बन डायॉक्साईडमध्ये प्राणवायू आणि कार्बन यांचे संयुग असते, हे स्पष्ट होते. जेव्हा सर्वसामान्य परिस्थितीत कार्बन जळतो, तेव्हा त्यापासून कार्बन डायॉक्साईड तयार होतो.

ह्या बाटलीत चुन्याची निवळी आहे. ही लाकडाची पट्टी त्या निवळीत बुडवून निवळी ढवळत बसलो, तर निवळीच्या रंगात यत्किंचितही बदल होणार नाही. पण तेच बाटलीतल्या निवळीवरच्या हवेत मी जळते लाकूड धरले, तर काय होईल ? हे पहा, मी जळते लाकूड बाटलीत घालून धरून ठेवतो. मला ज्वलनापासून पाणी मिळेलच. पण इथे कार्बन डायॉक्साईड मिळेल का ? इथे मला कार्बोनेट ऑफ लाइम मिळाले. अर्थात हा परिणाम कार्बन डायॉक्साईडचा आहे. लाकडात असलेल्या कार्बनपासून कार्बन डायॉक्साईड तयार झाले असले पाहिजे, यात जराही शंका नाही. कार्बन हा मेणबत्तीतून किंवा इतर पदार्थापासूनही मिळत असतो. तुम्ही लाकडातला कार्बन पाहिला असेल. अर्धवट जळलेल्या लाकडाला फुकर मारली व विझवलेत, की कार्बन दिसतो. पण सर्व वस्तुंतला कार्बन प्रगट होत नाही. उदाहरणार्थ, मेणबत्तीतला कार्बन दिसत नाही; पण तो तिथे असतो, हे नक्की. ह्या पात्रात कोल गॅस आहे. ह्या वायूपासून प्रचंड प्रमाणात कार्बोनि

आम्ल तयार होत असते. कार्बन दिसत नाही; पण मी तो दाखवू शकतो. पात्रातला वायू मी पेटवतो. जोवर पात्रात वायू आहे, तोवर तो जळत राहील. इथेही आपल्याला कार्बन प्रत्यक्ष दिसत नाही; पण ज्योत दिसते आहे आणि ती प्रकाशमान, झगमगीत आहे, त्या अर्थी ज्योतीत कार्बन आहे. होय ना ? हेच आपण वेगळ्या पद्धतीने पाहू. कोल गॅस भरलेले हे आणखी एक पात्र माझ्याकडे आहे. या वायूत आणखीही एक पदार्थ मिसळलेला आहे. ह्या पदार्थामुळे कोल गॅसमधला हायड्रोजन जळून जाईल आणि कार्बन राहिल. आता ह्या गॅसला मी पेटवतो. आतला हायड्रोजन जळू लागला आणि काळ्या-धुराच्या स्वरूपात कार्बन दिसू लागला, पहा. कार्बनचे अस्तित्व पाहणे, एखादा वायू किंवा एखादा पदार्थ हवेत संपूर्ण जळाला, तर त्यापासून कोणते पदार्थ मिळतात, हे तुम्ही या तीन-चार प्रात्यक्षिकांमधून शिकलात, असे मी समजतो.

कार्बन हा विषय संपवण्यापूर्वी आणखी थोडे प्रयोग करू आणि सर्वसामान्य ज्वलनाच्या वेळची परिस्थिती कशी असते, ते पाहू. कार्बन हा घनपदार्थ म्हणून जळतो, हे मी तुम्हाला दाखवले. पण जळल्यानंतर मात्र तो घनरूपात राहत नाही. अगदी थोड्या इंधनांच्या बाबतीत हे घडते. कार्बनचे गुणधर्म असलेल्या मालिकेतील दगडी कोळसा, कोळसा, लाकूड इत्यादी पदार्थ इंधन म्हणून मोठ्या प्रमाणावर वापरले जातात; आणि ते सर्वच जळल्यानंतर आपले घनरूप सोडून देतात. अशा प्रकारने जळणारा कार्बनखेरीज दुसरा कुठलाच मूलभूत पदार्थ मला माहीत नाही. अशा इंधनावाचून आपले कसे झाले असते ? समजा, सर्व इंधने लोखंडासारखी जळल्यानंतरही घनरूपातच राहिली असती, तर मग आता ही खोली गरम ठेवण्यासाठी ह्या भिंतीतल्या शेगडीत (फायरप्लेस) चालू आहे, असे ज्वलन होऊ शकले नसते.

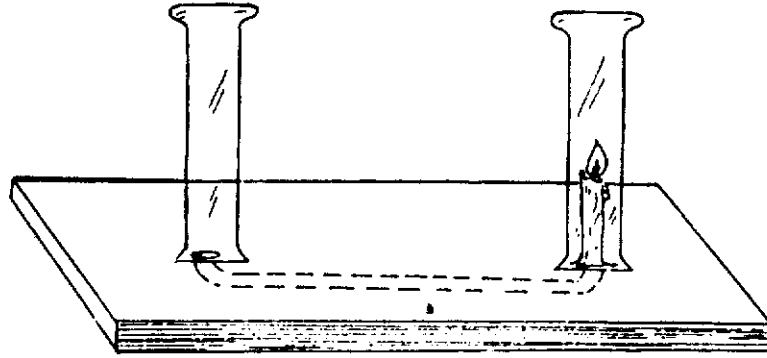
इथे आणखी एक प्रकारचे इंधन माझ्यापाशी आहे. हेही कार्बनसारखे चांगले जळते. हवेत स्वयंज्वलन होण्याच्या बाबतीत ते फार प्रभावी आहे.

ह्या नळीत ते इंधन आहे. नळी फोडून दाखवतो, बघा. त्याने कसा आपोआप पेट घेतला. ह्या नळीत **लेड पायरोफॉस्फरस** \* आहे. शिसे (लेड) हा त्यातला मुख्य घटक किती उत्तम ज्वालाग्रही आहे, बघा ! शेगडीत कोळशाचा ढीग असावा, असा हा आहे. हवा त्याच्या पृष्ठभागावर पोहोचते, तशी फटीतून आतही पोहोचते व तो जळतो. हाच पदार्थ घट्ट गोळा करून ठेवला, तर जळत नाही, का ? आता नळीतला पदार्थ मी या लोखंडी ताटलीत ओततो. आता पहा, मघाशी आत हवा पोहोचू शकली नव्हती. भट्टीत किंवा बंबात लागते, तशी धगधगीत उष्णता याने निर्माण होते. पण तरी त्याच्या आतला थोडा भाग न जळता राहतो; कारण हवा तेथपर्यंत पोहोचू शकत नाही. आता कार्बन आणि शिसे<sup>४०</sup> (लेड) यातला फरक बघू या. तसे बघितले, तर कार्बनही जळून शिसासारखीच प्रचंड उष्णता पुरवतो; पण जळलेला कार्बन सरकून जातो व उरलेला कार्बन स्वच्छ राहातो. प्राणवायूमध्ये कार्बन जाळला, तेव्हा तो विरघळून जावा तसा नाहीसा होत गेला, त्याची राखसुद्धा राहिली नव्हती, हे आपण बघितले होते. तेच आता शिसाचे पहा. ह्या ताटलीत जमलेला ढीग बघा. इंधनापेक्षा त्याची राख जास्त आहे. एवढेच नव्हे, तर प्राणवायूशी संयोग होऊन ती अधिक जडही झाली आहे. कार्बन, शिसे, लोखंड यांच्यातला फरक पहा. लोखंड हे प्रकाश आणि उष्णता पुरवण्याच्या बाबतीत सरस असते. शिसे जळून गेल्यावर त्यातून निघणारा हा पदार्थ हवेत मिसळला असता ही सर्व खोली अपारदर्शक पदार्थाने भरून गेली असती. फॉस्फरसच्या ज्वलनानंतरही असाच अनुभव आला होता. तेच कार्बनच्या ज्वलनातून निघणाऱ्या सर्व गोष्टी हवेत मिसळून जातात. ज्वलनापूर्वी तो, त्याचे स्थित्यंतर होण्यासारखे नाही असे वाटावे, अशा परिस्थितीत होता. पण जळल्यानंतर तो वायुरूप होऊन जातो, तेव्हा

\* लेड पायरोफॉस्फरस : टार्टरेट ऑफ लेड काचेच्या नळीत घालून गरम केले व त्यातून आणखी वायू निघेनासा झाला, की त्यात लेड पायरोफॉस्फरस तयार होते. अशा नळीची उघडी बाजू बंद करून टाकतात. ही नळी उघडून आतला पदार्थ झटकून बाहेर काढल्याबरोबर लाल फ्लॅश घेऊन तो पेटतो.

याचे द्रव किंवा घन स्थितीत रूपांतर करणे कठीण होते. (ते करणेही आता साध्य झाले आहे, ते सोडा.)

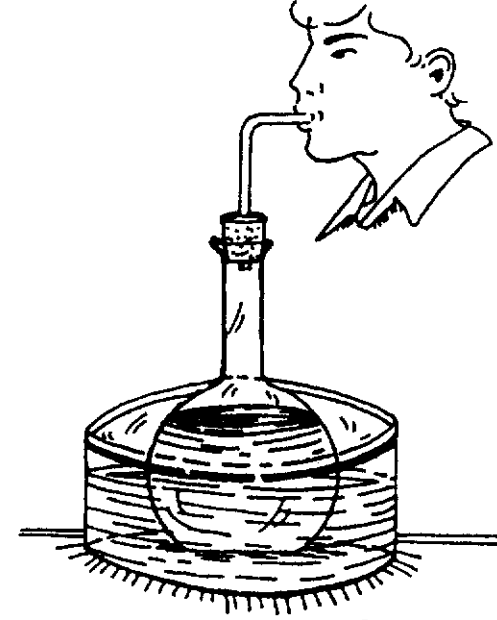
आता आपल्या या विषयाच्या एका रोचक भागाकडे वळू या. तो म्हणजे



आकृती क्र. ३२

मेणबत्तीचे ज्वलन आणि आपल्या शरीरातले ज्वलन यांची तुलना. शरीरातले ज्वलन खूपसे मेणबत्तीसारखे असते. कसे, ते सांगतो. माणसाचे आयुष्य एखाद्या जळत्या मशालीसारखे असते, असे कवी म्हणतात. पण ते काव्यात्मक कल्पनेपुरतेच मर्यादित नाही. हे स्पष्ट करण्याकरता मी एक उपकरण बनवले आहे. ते आपल्याला इथल्या इथेच रचता येईल. ही फळी आहे. तिच्या मध्यातून पन्हाळ खोदली आहे. ती पन्हाळ आपण झाकून टाकू आणि तिच्या दोन टोकांवर दोन नळ्या उपड्या ठेवू. एका नळीत जळती मेणबत्ती ठेवू. पहा, ती जळत राहिली आहे. त्या ज्योतीला हवा कुठून मिळते, सांगा बरे ! दुसऱ्या नळीतली हवा पन्हाळीतून त्या नळीत चढते. आता जिथून हवा जाते, तो मार्ग जर मी बंद करून टाकला, तर ज्योत जळायची थांबेल.

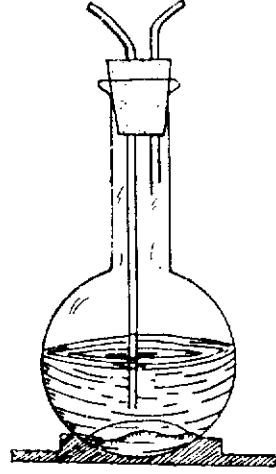
हवेचा पुरवठा बंद झाला की, ज्वलन थांबणार, हे तुम्हाला माहितच आहे. मागच्या एका प्रयोगात जळत्या मेणबत्तीकडून हवा दुसऱ्या मेणबत्तीकडे पाठवली होती. तसेच एका जळत्या मेणबत्तीतून निघणारा वायू जर मी समजा, काही युक्तीने ह्या मेणबत्ती असलेल्या नळीत पाठवला, तर ती मेणबत्ती विझून जाईल. एवढेच काय, पण मी सोडलेल्या श्वासानेही मेणबत्ती



आकृती क्र. ३३

विझेल असे मी सांगितले, तर तुम्हाला पटेल का ? म्हणजे मेणबत्ती फुंकरून टाकण्याबद्दल मी म्हणत नाही हं ! मी केवळ माझ्या उच्छ्वासाबद्दल म्हणतो आहे. पन्हाळीच्या एका टोकाला तोंड लावून फुंकर न मारता उच्छ्वासाची हवा तोंडावाटे पन्हाळीत जाऊ देतो. बघा, मेणबत्ती विझली. ती मी फुंकरून टाकली नाही. मेणबत्ती विझली; कारण तिला प्राणवायू मिळाला नाही. तो माझ्या फुफ्फुसांनी वापरून टाकला होता. त्यामुळे उच्छ्वासातून बाहेर पडणाऱ्या हवेत प्राणवायू राहिलाच नाही; आणि मेणबत्ती विझली. मी





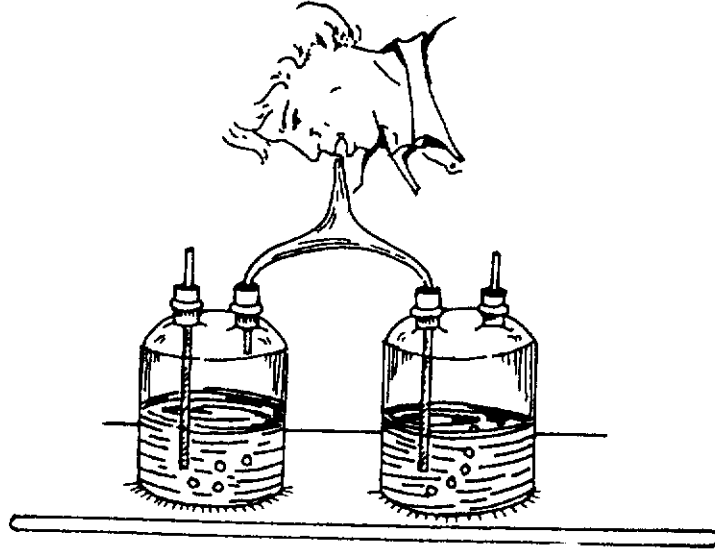
आकृती क्र. ३४

सोडलेल्या श्वासाला मेणबत्तीपर्यंत पोहोचायला किती वेळ लागला, बघा. मेणबत्ती जळत असते आणि ज्या क्षणी माझा उच्छ्वास तिच्यापर्यंत पोहोचतो, त्या क्षणी ती विझते. आता मी तुम्हाला आणखी एक प्रयोग दाखवतो. एक गोष्ट अनेक प्रकारांनी पडताळून पाहणे हा विज्ञानाचा एक महत्त्वाचा भाग आहे. या चंबूत थोडे पाणी आहे व ताजी हवा आहे. तो मी बुचाने बंद करतो. बुचातून एक वाकडी नळी घालतो. नळीच्या टोकावर तोंड लावून चंबूतली हवा ओढून घेतो आणि पुन्हा आत सोडतो. ह्या माझ्या हवा खेचण्या व सोडण्यामुळे पाणी वर-खाली झाले. आता जळत्या काडीची कसोटी लावल्यास ती विझेल. प्रत्यक्ष करून बघू या. विझली ना ? आणि हे केवळ एका उच्छ्वासाने झाले. कित्येक घरांना मोकळी हवा येण्या-जाण्यासाठी पुरेशा खिडक्या नसतात. त्यामुळे अशा घरात राहणाऱ्या लोकांना शरीराच्या हवेच्या पुरवठ्यासाठी पुनःपुन्हा श्वसन करावे लागते, ह्याचा अर्थ तुम्हाला समजला असेल. एका सोडलेल्या श्वासाने हवा किती दूषित झाली, हे तुम्ही पाहिलेत. त्यावरून आपल्याला हवेची किती आवश्यकता आहे, हे तुमच्या सहज लक्षात येईल.

ह्याचाच आणखी पाठपुरावा करायचा असला, तर आपण चुन्याच्या निवळीची कसोटी लावून पाहू. इथे या चंबूत चुन्याची निवळी आहे. चंबूला बूच असून त्यात दोन नळ्या घातल्या आहेत. त्यांच्यामुळे चंबूतल्या हवेला मार्ग मिळतो. त्यांच्यामुळे आपल्याला निवळीवर साध्या हवेचा आणि उच्छ्वासाचा काय परिणाम होतो ते बघता येईल. ज्या नळीचे टोक निवळीत बुडलेले नाही, त्या नळीतून मी हवा ओढून घेतो आणि दुसऱ्या नळीतून श्वास आत सोडतो. ही नळी निवळीत बुडली आहे. हवा आत घेतली तेव्हा निवळीवर काही परिणाम झाला नाही; पण माझ्या फुफ्फुसातली हवा चंबूत सोडत राहतो, तेव्हा निवळीचा रंग बदलत जाऊन ती दुधाळ होऊन जाते. यावरून तुमच्या लक्षात येईल की, उच्छ्वासाने हवा दूषित झाली म्हणजे बाहेर सोडलेल्या श्वासातल्या कार्बन डायॉक्साईडमुळे झाली आणि त्याच्याशी संपर्क आल्यानेच निवळी दुधाळ झाली.

आता हे आणखी एक उपकरण पहा. ह्या दोन काचेच्या बरण्या आहेत. एकीत आहे चुन्याची निवळी अन् दुसरीत आहे साधे पाणी. दोन्ही बरण्यांना जोडणाऱ्या ह्या नळ्या पहा. उपकरण साधेच आहे; पण प्रात्यक्षिकासाठी उपयोगी आहे. ह्या बरण्यांपैकी एकीतून श्वास घेतला आणि दुसरीत सोडला, तर नळ्यांच्या विशिष्ट रचनेमुळे तो परत येणार नाही. श्वास घेतला, की एकाच बरणीतील हवा माझ्या तोंडात व फुफ्फुसात शिरेल आणि माझा सोडलेला श्वास चुन्याची निवळी असलेल्या बरणीत जाईल. अशा प्रकारे मी कितीदाही श्वासोच्छ्वास करू शकतो आणि त्याचे परिणाम प्रत्यक्ष बघू शकतो. प्रथम निवळी स्वच्छ पारदर्शक होती. बरणीतल्या हवेचा तिच्यावर काही परिणाम झाला नव्हता. प्रयोग सुरू झाल्यापासून मी सोडलेल्या श्वासाखेरीज त्या निवळीत दुसरे काही शिरले नाही. त्या श्वासाचा निवळीवर झालेला परिणाम स्पष्ट दिसतो आहे.

आता आपण आणखी थोडे पुढे जाऊ या. आपल्या शरीरात रात्र-दिवस चालू असणारी अशी श्वसनाची रचना जगन्नियंत्याने करून ठेवली आहे. त्या प्रक्रियेशिवाय आपले चालू शकत नाही. आपली इच्छा असो वा नसो,



आकृती क्र. ३५

आपल्याला तिची जाणीव होवो वा न होवो, ती शरीरात सतत चालू असते. आपण श्वास रोखून धरला, तर थोडा वेळ ते चालू शकते; पण त्यानंतर आपण नष्ट होऊन जाऊ. आपल्या फुफ्फुसांना हवेचा पुरवठा हा इतका आवश्यक असतो की, आपण झोपलो, तरी श्वसनद्रिये आपले काम चालूच ठेवतात. ह्या घडामोडींचे थोडक्यात वर्णन करतो. आपण जे अन्न खातो, ते शरीरातल्या अनेक भागात प्रवास करून पचनेंद्रियात जाऊन पोहोचते. त्या प्रवासात त्याचे स्वरूप व स्थिती बदलते. त्या बदललेल्या स्वरूपात ते नसानसातून, फुफ्फुसातूनही जात असते. श्वसनाबरोबर हवाही फुफ्फुसात शिरते आणि बाहेर फेकली जाते. अशा रितीने हवा आणि अन्न एकमेकांच्या अगदी जवळ येतात. त्यांच्यामध्ये एक पातळ पडदा असतो. त्या वेळी हवा रक्तावर क्रिया करते आणि त्या क्रियेचा परिणाम बरोबर मेणबत्तीच्या ज्वलनासारखा होतो. हवेतल्या काही भागांशी मिसळून मेणबत्ती कार्बन

डायॉक्साइड तयार करते; उष्णता उत्पन्न करीत राहते. फुफ्फुसातही एक अनोळखी पण इष्ट असा बदल घडून येत असतो. श्वासावाटे आत गेलेली हवा कार्बनबरोबर मिसळते. इथे कार्बन मुबलक प्रमाणात उपलब्ध नसतो, तर आवश्यक असेल त्या क्षणीच पुरवला जातो; आणि कार्बन डायॉक्साइड तयार होतो. हा कार्बन डायॉक्साइड उच्छ्वासावाटे बाहेर फेकला जातो. ह्या घडामोडी पाहून अन्न हे इंधन आहे, असे आपण म्हणू शकतो. हा साखरेचा खडा पहा. कार्बन, हायड्रोजन आणि प्राणवायू यांचे हे संयुग आहे. मेणबत्तीच्या ज्वलनात हेच त्रिकूट असते. पण तिथे ह्या घटकांचे प्रमाण वेगळे असते. साखरेत ते कसे असते, ते खालील तक्त्यात पहा.

## साखर

कार्बन .....	७२	
हायड्रोजन .....	११	} ९९
हायड्रोजन + प्राणवायू .....	८८	

इथे गमतीची गोष्ट म्हणजे ह्यात हायड्रोजन आणि प्राणवायूचे प्रमाण पाण्यात असते, तसेच आहे. तेव्हा साखर म्हणजे ७२ भाग कार्बन आणि ९९ भाग पाणी यांची बनली आहे, असे म्हणायला हरकत नाही. साखरेतला कार्बन श्वासावाटे आत आलेल्या प्राणवायूशी मिळतो. ह्या क्रियेने आपली मेणबत्तीच होऊन जाते म्हणा ना ! ह्या साध्या घडामोडीतून उष्णता आणि आपल्या शरीराला टिकवून धरणाऱ्या विलक्षण प्रक्रिया निर्माण होत राहतात. हीच गोष्ट अधिक प्रभावीपणे दाखवतो. ही थोडी साखर आहे. आपला प्रयोग झटपट व्हावा यासाठी मी ती थोड्या पाण्यात विरघळवतो. त्यासाठी पाऊण भाग साखर आणि पाव भाग पाणी घेणे. त्यावर थोडे व्हिट्रियॉल\*<sup>१</sup>चे तेल ओततो. हे तेल काय करते ? इथे तर स्पष्टपणे काळ्या स्वरूपात कार्बन दिसू लागला आहे. त्याचे कारण व्हिट्रियॉलच्या तेलाने पाणी खेचून घेतले; आणि पांढऱ्या शुभ्र साखरेतला हा कोळसा कार्बन शिल्लक राहिला. तुम्हाला माहीत आहे की, साखर म्हणजे अन्न आहे. त्या

साखरेतून अकल्पितपणे आपल्याला कोळसा मिळाला. साखरेतल्या कार्बनचे ऑक्सिडीकरण केल्यास दिसणारा परिणाम विशेष दिसेल. पुन्हा ही साखर घेतो. हा एक ऑक्सिडीकारक आहे. तशी हवाही ते काम करते; पण आपल्याला ते काम लगेच व्हायला हवे आहे म्हणून हा पदार्थ घेतो. त्याच्या साहाय्याने साखर ह्या इंधनाचे ऑक्सिडीकरण करू या. ह्याचे स्वरूप श्वसनापेक्षा वेगळे असले, तरी पद्धत किंवा प्रकार तोच आहे. पुरवलेल्या प्राणवायूच्या संपर्कात आल्याने कार्बनचे ज्वलन होईल. मी सुरू केली की तुम्हाला लगेच ज्वलन दिसू लागेल. आपल्या शरीरात हेच घडत असते. तेथे श्वसनावाटे ओढून घेतलेल्या प्राणवायूमुळे ही क्रिया घडते; म्हणून ती सावकाश होते. इथे प्राणवायूचा एका वेळी भरपूर पुरवठा केल्याने ती झटपट होते.

कार्बनचे हे प्रताप कुठे कुठे पोहोचतात हे सांगितले, तर तुम्ही चकित व्हाल. मेणबती चार, पाच, सहा आणि काही वेळा सात तास जळत राहते. असा एका दिवसात कार्बन डायॉक्साईडच्या स्वरूपात किती तरी कार्बन वातावरणात मिसळत असतो, आपल्या सर्वांच्या उच्छ्वासातूनही वातावरणात कार्बन मिसळत असतो. असे श्वसन आणि ज्वलन या क्रियांमुळे मोठ्या प्रमाणात कार्बनचे रूपांतर होत असते. एक माणूस दिवसाला आपल्या श्वसनातून ७ ऑस कार्बनचे रूपांतर कार्बन डायॉक्साईडमध्ये करतो. दिवसाकाठी एक दुभती गाय ७० ऑस, तर एक घोडा ७९ ऑस कार्बनचे केवळ श्वसनामुळे कार्बन डायॉक्साईड बनवत असतात. याचा अर्थ हे प्राणी इतका कोळसा किंवा कार्बन आपल्या श्वसनेंद्रियात जाऊन आपापल्या शरीराला आवश्यक तेवढी उष्णता मिळवत असतात. इथे कार्बन मुक्त नसतो; तर तो इतर पदार्थांबरोबर मिश्रित असतो. आपल्या सभोवतालच्या वातावरणात केवढी प्रचंड उलाढाल चालते, याची कल्पना करा. केवळ श्वसनामुळे लंडन शहरात दिवसाला ५० लाख पौंड किंवा ५४८ टन इतका कार्बन डायॉक्साईड बनत असतो. हा सगळा वायू जातो तरी कुठे ? हवेत. समजा, कार्बन हा शिसासारखा किंवा लोखंडासारखा ज्वलनातून घन

पदार्थच निर्माण करीत असता, तर काय झाले असते ? ज्वलन निरंतर टिकू शकले नसते. कार्बन जळून त्याचा वायू होतो व वातावरणात मिसळतो. आपले वातावरण अशा वायूचे मोठे वाहन आहे. हवा त्या धुराला दूर नेऊन सोडते. पण तिथे त्याचे काय होते ? निसर्गाची किमया अगाध आहे. श्वसनाने हवेत झालेला बदल आपल्याला घातक असतो, तीच हवा आपण पुन्हा श्वासावाटे आत घेऊ शकत नाही; पण आपल्या दृष्टीने अशुद्ध असलेली हवा वनस्पतींना उपयोगी ठरत असते आणि जमिनीवर जशी ही अशुद्ध हवा तयार होते, तशीच जलाशयातही होत असते. जलचरही श्वसन करून अशुद्ध हवा निर्माण करतात. ते उघड्या हवेत श्वसन करीत नसले, तरी तत्त्व तेच. मासे व इतर जलचर पाण्यात विरघळलेला प्राणवायू श्वसनाद्वारे आत घेतात आणि कार्बन डायॉक्साईड बाहेर टाकतात. प्राणीविश्व आणि वनस्पतीविश्व एकमेकांना उपयोगी पदार्थ तयार करण्याचे मोठेच काम करीत असतात. प्राण्यांनी सोडलेला कार्बन डायॉक्साईड शोषून वनस्पती फोफावतात. आपल्याला अत्यावश्यक असणारी शुद्ध हवा वनस्पतींना देऊन बघा, त्या जगणार नाहीत. पण इतर काही पदार्थांबरोबर मिश्रित असा कार्बन घ्या, त्या जोमाने वाढतील. झाडे-वेली वातावरणातून कार्बन घेत राहतात. आपण दूषित केलेली हवा वातावरणातून त्यांच्यापर्यंत पोहोचते. आपल्याला हानिकारक, ते त्यांना हितकारक. हा महान निसर्ग काही नियमांचे पालन करीत असतो आणि आपल्यातल्या विविध घटकांना परस्परपूरक बनवत असतो. माणूस हासुद्धा इतर प्राण्यांवरच नाही, तर जीवजंतूंवरही अवलंबून असतो.

व्याख्यानाचा शेवट करण्यापूर्वी ह्या सर्व प्रक्रियांशी जोडलेला आणखी एक मुद्दा स्पष्ट केला पाहिजे. आपल्याशी संबंधित असे प्राणवायू, हायड्रोजन आणि कार्बन हे पदार्थ निरनिराळ्या अवस्थांतून पाहणे हा एक मनोहर अनुभव आहे. मद्याशी मी तुम्हाला शिसे जाऊन दाखवले. ज्या क्षणी त्याचा हवेशी संबंध आला, त्या क्षणी ते पेटू लागले. बाटलीतून पूड बाहेर येण्यापूर्वीच हवा आत गेल्याने ती पूड पेटू लागली होती. इथे रासायनिक

आकर्षण हा गुण अनुभवास येतो. त्या गुणांमुळेच आपल्या सर्व क्रिया सुरू राहतात. श्वास घेतो तेव्हा आपल्या शरीरात ह्याच प्रकारची क्रिया चालू असते. मेणबत्ती पेटली, की अनेक घटक एकमेकांना आकर्षून घेतात. शिसाच्या बाबतीत असेच आकर्षण चालू असते. रासायनिक आकर्षणाचे ते एक सुंदर उदाहरण आहे. शिसे जळताना त्याच्या पृष्ठभागावर तयार झालेले पदार्थ जर बाजूला झाले, तर शिसे संपेपर्यंत जळत राहील. शिसे आणि कार्बन ह्यांच्यात हाच फरक आहे. हवेचा जरासा संपर्क झाला, की शिसे जळू लागते. या उलट कार्बन मात्र वर्षानुवर्षे तसाच पडून राहू शकतो. हवयुलियमने कार्बनमिश्रित शाईने केलेले लिखाण गेली १८०० वर्षे तसेच शाबूत आहे. वेगवेगळ्या परिस्थितीतल्या हवेशी त्याचा संपर्क आला, तरी त्या अक्षरात काही फरक पडला नाही. कार्बन आणि शिसे यात हा फरक कशामुळे पडला बरे ? इंधन म्हणून ज्या पदार्थाची आपण निवड करतो, ते आपल्या क्रियेची, पेटवण्याची वाट पाहतात. शिसे किंवा इतर काही पदार्थांप्रमाणे आपणहून जळायला लागत नाहीत. असे कितीतरी पदार्थ मी तुम्हाला दाखवू शकेन; पण टेबलावर\* गर्दी नको; म्हणून मी ते इथे आणले नाहीत. पण हे इंधन आपले लाडके इंधन... ज्वलन सुरू करण्यापूर्वी काही क्रियांची वाट पाहते. हा फार वाखाणण्यासारखा गुण आहे. मेणबत्तीच बघा ना ! ह्या जपानी मेणबत्त्या कित्येक वर्षे आपण पेटवण्याची वाट पाहत थांबल्या आहेत. शिसे किंवा लोखंडाप्रमाणे त्यांनी आपली क्रिया सुरू करून टाकली नाही. उलट आपली स्थिती न बदलता त्या तशाच पडून आहेत. इथे कोल गॅस आहे. ह्या नळीतून त्याचा फवारा बाहेर येत आहे. पण तरी हवेत आल्याबरोबर तो आपणहून पेट घेत नाही; तर विशिष्ट परिस्थितीची वाट पाहतो. इथे त्याला पुरेशी उष्णता दिली, तरच तो पेट घेईल. मी जर फुंकर मारून तो विझवला, तर पुन्हा काडी लावेपर्यंत तो पेटणार नाही. वेगवेगळे पदार्थ आपली क्रिया चालू करण्यापूर्वी विशिष्ट परिस्थिती निर्माण होण्याची वाट पाहतात, हे पाहण्यासारखे आहे.

काही पदार्थांना जराशी उष्णता दिली, की पुरते; तर काही खूप गरम झाल्याशिवाय पेट घेत नाहीत. इथे ही बंदुकीची दारू आहे आणि गनकॉटन\* आहे. ह्या दोन पदार्थांना पेट घेण्यापूर्वी वेगवेगळी परिस्थिती अपेक्षित असते. बंदुकीच्या दारूत कार्बन व इतर पदार्थांचे मिश्रण असते. ती ज्वालाग्रही असते. \*गनकॉटनही ज्वालाग्रही असतो. दोन्ही आपल्याला योग्य परिस्थितीची वाट पाहतात. वेगवेगळ्या तापमानाला ते पेट घेतात. ही तापलेली तार मी त्या दोन्ही पदार्थांना लावून पाहतो. ती लावताच गनकॉटन पेटला बघा. पण त्या तारेचे सर्वात तापलेले टोक लावले, तरी बंदुकीच्या दारूला ते पुरेसे होत नाही. क्रिया सुरू करण्यापूर्वी दोन पदार्थ कसे भिन्नपणे वागतात, ह्याचे हे एक छान उदाहरण आहे. एक पदार्थ त्याच्यातले सगळे घटक पदार्थ सक्रिय होईपर्यंत थांबतो; तर दुसरा पदार्थ श्वसनाप्रमाणे कुणासाठी थांबत नाही. फुफ्फुसात हवा शिरली, की लगेच ती आतल्या कार्बनबरोबर मिसळते आणि शरीराचे तापमान कितीही कमी असले, तरी क्रिया सुरू होते व कार्बन डायॉक्साईड तयार होतो.

अशा रितीने शरीरातील सर्व घडामोडी सुरळीत चालू राहतात. श्वसन आणि ज्वलन यांच्यामधले साधर्म्य मी स्पष्ट करून दाखवले आहे. या व्याख्यानमालेच्या शेवटी कधीतरी तो होणारच होता. मी तुम्हाला एक गोष्ट सांगू इच्छितो, नव्या पिढीतले तुम्ही सर्वजण मेणबत्तीसारखे व्हा. आजुबाजूच्या सगळ्यांना प्रकाश द्या. तुमच्या कृती जळत्या मशालीसारख्या तेजस्वी आणि आदरणीय असू देत. शिवाय आपल्या बांधवांच्या बाबतीतले कर्तव्य बजावताना तुम्ही त्या मशालीइतकेच प्रभावी व्हा.

●●●

\* गनकॉटन : नाइट्रिक आणि सल्फ्युरिक आम्लात बुडवलेला कापूस हा स्फोटक असतो.

## परिशिष्ट

### १) कॅडलवुड -

मशालीसारख्या किंवा मेणबत्तीप्रमाणे जळणाऱ्या कोणत्याही लाकडाला 'कॅडलवुड' म्हणतात. पण आयर्लंड देशातल्या दलदलीच्या प्रदेशात वनस्पती कुजून एक प्रकारची जमीन तयार होते, तिला 'बॉग' असे म्हणतात. ह्या जमिनीतून सेंद्रिय असे तुकडे (ढलप्यासारखे) सापडतात. ते उत्कृष्टपणे जळतात. त्यांना 'कॅडलवुड' किंवा 'बॉगवुड' म्हणतात. हे तुकडे मेणबत्तीप्रमाणे उजेड देतात.

### २) डेव्हीचा दिवा -

सर हंफ्री डेव्ही यांनी खाणकामगारांकरता मेणबत्त्यांपेक्षा सुरक्षित असा दिवा तयार केला. त्या काळी खाणीत जाताना कामगार तसले दिवे घेऊन जात.

### ३) जोसेफ लुई गे-लुसाक (१७७८ ते १८५०) -

फ्रान्समधील हे एक वैज्ञानिक. त्यांनी १८०८ साली बोरान हे मूलद्रव्य शोधून काढले. तसेच वायू त्यांच्या आकारमानाच्या गुणोत्तरानुरूप एकमेकात मिसळतात, असा एक सिद्धांतही त्यांनी शोधून काढला.

### ४) स्टिरिन -

हे म्हणजे ग्लिसरॉल इस्टर ऑफ स्टिरिक ॲसिड किंवा  $[C_3H_5(C_{18}$

$H_{35}O_2)3]$  स्टिरिनचा मुख्य उपयोग मेणबत्त्या बनविण्याकरताच होतो.

### ५) भाजलेली चुनखडी -

ह्याला बोलीभाषेत 'क्विक लाइम' असेही म्हणतात; पण त्याचे शास्त्रीय नाव 'कॅल्शियम ऑक्साईड' असे आहे. ह्याचा कारखान्यात फार उपयोग होतो. त्यात पाणी मिसळल्यास त्यापासून स्लेक्ड लाइम किंवा  $(CaO+H_2O \rightarrow Ca(OH)_2)$  मिळते. पाण्याला दुधी रंग देणाऱ्या या पुडीला 'मिल्क ऑफ लाइम' असेही म्हणतात.

### ६) ग्लिसरिन -

ह्याला 'ग्लिसरॉल' असेही म्हणतात. रंग नसलेला पाकासारखा घट्ट आणि चवीला गोड असा हा एक द्राव आहे. प्राणीजन्य किंवा वनस्पतीजन्य अशा सर्वच तेलात आणि चरबीत हा आढळतो. तेलात किंवा चरबीत तो ग्लिसरॉल इस्टर ऑफ (मुख्यतः) पाल्मिटिक, स्टिरिक आणि ओलेइक आम्ल अशा स्वरूपातून असतो.

### ७) स्पर्मासेटिक व्हेल -

ह्याला 'स्पर्म व्हेल' असेही म्हणतात. मोठे दात असलेला साधारण १८ मीटर लांबीचा हा देवमासा आहे. ह्याच्या डोक्यात मेणाचा मोठा साठा असतो. त्याला 'स्पर्मासेटी' म्हणतात. पण डॉल्फिन माशाच्या डोक्यातून किंवा चरबीपासून असेच मेण मिळवतात, त्यालाही 'स्पर्मासेटी' असेच म्हणतात. मलमे, सौंदर्यप्रसाधने, मेणबत्त्या आणि कापडाच्या उत्पादनात त्याचा उपयोग करतात.

### ८) पॅराफिन -

संपृक्त हायड्रोकार्बन म्हणजे पॅराफिन. ते मुख्यतः खनिज तेले व

पेट्रोलियमपासून मिळते.

### ९) रासायनिक रंग -

ह्याचा अर्थ सिन्थेटिक रंगद्रव्य असा होतो.

### १०) कॅफेन -

हा एक रंगविरहित स्फटिकासारखा आणि पाण्यात न विरघळणारा पदार्थ आहे. रासायनिकदृष्ट्या तो संपृक्त वलयकृती हायड्रोकार्बन आहे. कृत्रिमरित्या कापूर बनविण्यात त्याचा उपयोग करतात. टर्पेटाइन आणि इतर काही तेलांत हा दिसून येतो.

### ११) स्नॅपड्रॅगन -

हा एक खेळ आहे. तो एक प्रकारच्या फुलांनी खेळतात. त्या खेळात ती फुले इतर पदार्थांबरोबर जाळतात. ३० ते ८० सें.मी. उंचीपर्यंत वाढणाऱ्या झाडांना आकर्षक रंगीत फुले येतात. फुले लांबट नळीच्या आकाराची असून त्यांच्या दोनच पाकळ्या दिसतात. त्यातून येणारा परागांचा तुरा हा ड्रॅगनच्या तोंडासारखा दिसतो. त्या फुलांना व झाडांना दोन्हींना 'स्नॅपड्रॅगन' असेच म्हणतात.

### १२) आरगॅंडा दिवा किंवा बर्नर -

गॅस किंवा तेलावर जळणारा हा एक बर्नर आहे. त्यातली वात नळीसारखी पोकळ असून त्यातून ज्योतीला हवेचा पुरवठा करतात.

### १३) टर्पेटाईन -

हे एक प्रकारचे ओलेओरेझिन आहे. ते सदाहरित सूचिपर्णी वृक्षांपासून

किंवा लांबट पानांच्या पाइन वृक्षापासून हे मिळते. हे तापवून त्याची वाफ जमवून गार केली (डिस्टिलेशन), तर त्यातून बाष्पनशील किंवा उडून जाणारे तेल आणि रेझिन मिळते.

### १४) बंदुकीची दारू -

पोटॅशियम नैट्रेट (किंवा सॉल्ट पेटर), सल्फर आणि कोळशाची पूड ह्यांनी बनलेले असे हे स्फोटक मिश्रण आहे. इंग्लंडच्या रॉजर बेकन (१२१४ ते १२९२) याने त्याचे वर्णन करण्यापूर्वी किती तरी आधी चिन्त्यांनी या पावडरीचा शोध लावला होता. आता त्या मिश्रणाचा युद्धात उपयोग होत नाही. त्याऐवजी अधिक प्रभावी, पण सुरक्षित असे मिश्रण वापरतात. पण शोभेच्या दारूकामात अजूनही हेच मिश्रण वापरतात.

### १५) पॅटोमाईन -

नाताळच्या सुट्टीत इंग्लंडमध्ये विविध प्रकारची नाटके, नकला, गाणी, नृत्यनाटिका, कसरती वगैरे खेळांचे प्रयोग करण्याची एक फार जुनी प्रथा आहे. त्यात बहुतेक वेळा पौराणिक किंवा दंतकथा यावर आधारलेली नाटके करतात. अशा नाटकाच्या वेळी विजा, पाऊस वगैरे दाखवावे लागे. त्याचा उल्लेख फॅरडे इथे करीत आहेत.

### १६) प्लॅटिनम -

ह्याला पांढरे सोने असेही म्हणतात. हा रुपेरी धातू दक्षिण अमेरिकेतल्या इंडियन लोकांना प्राचीन काळापासून माहीत होता. प्लॅटिना देल पिंटो नदीच्या काठावर अॅझटेक आणि इंका लोकांच्या राज्यांवर स्पॅनिश लोकांनी आक्रमण केले, तेव्हा त्यांना धातू सापडला. त्याला ते उपहासाने प्लॅटिनो म्हणत. त्याचा अर्थ हलकी किंवा कमी दर्जाची चांदी असा होतो. १७५० साली त्या धातूचा शास्त्रीय पद्धतीने अभ्यास करण्यात आला आणि त्याचे गुणधर्म नमूद करण्यात आले.

**१७) हायड्रोजन -**

ज्ञात मूलद्रव्यांपैकी हा सर्वात हलका पदार्थ आहे. त्याचे लॅटिन भाषेतले नाव आहे हायड्रोजेनियम. त्याचा अर्थ होतो - पाणी निर्माण करणारा. १७७९ साली जेव्हा पाण्याच्या संयुगाबद्दल खात्री झाली, तेव्हा अँटोइन लॉरेंट लव्हाझियेर (१७४३ ते १७९४) या शास्त्रज्ञाने हायड्रोजन हे नाव सुचवले. आणि त्याचे चिन्ह H असावे, असे जोन्स जेकब बॅरन बर्झेलियस (१७७९-१८४८) याने सुचवले.

**१८) फॉस्फरस -**

१६६९ साली हेनिंग ब्रँड यांनी या पदार्थाचा शोध लावला. मूळचे व्यापारी असलेले ब्रँड रसायनशास्त्रज्ञ बनले होते. परिसाच्या शोधात लागले असताना त्यांना अचानक फॉस्फरसचा शोध लागला. फॉस्फरस चार रंगांत मिळतो. पांढरा (ह्याचे दोन प्रकार असतात), लाल, काळा, पांढरा. फॉस्फरस घनरूपात मेणासारखा दिसतो. हा हवेत पेट घेतो व त्यापासून पेंटॉक्साईड मिळते. पेंटॉक्साईड -  $P_2O_5$

**१९) क्लोरेट ऑफ पोटॅश -**

ह्यालाच 'पोटॅशियम क्लोरेट' म्हणतात.

**२०) सल्फ्युरेट ऑफ अँटिमनी -**

ह्यालाच 'अँटिमनी सल्फेट' म्हणतात.

**२१) सल्फ्युरिक आम्ल -**

या आम्लाची पोटॅशियम क्लोरेटशी क्रिया होऊन पोटॅशियम बायसल्फेट, पोटॅशियम परक्लोरेट आणि क्लोरिन ऑक्साईड तयार होतात. क्लोरिन ऑक्साईड हे अँटिमनी सल्फेटला प्रज्वलित करते.

**२२) जस्त -**

हा एक निळसर पांढरा धातू आहे. भारतात आणि मध्यपूर्वेकडील देशात हा धातू प्राचीन काळापासून माहिती होता. युरोपमध्ये १७४६ साली ए. एस. मार्गाराफ यांनी तो पुन्हा शोधला. खाणीत मिळालेल्या अनेक खनिजांच्या अशुद्ध मिश्रणातून जस्त कसे वेगळे काढता येईल, या विषयावर त्यांनी मोठा ग्रंथ लिहिला.

**२३) फिलॉसॉफिक वुल -**

हवेमध्ये जस्त जाळून झिंक ऑक्साईड मिळते, त्यालाच हे नाव आहे. झिंक ऑक्साईड म्हणजे पांढरी पूड असते. ती गरम केल्यावर पिवळी होते. औषधी मलमात त्याचा वापर करतात. तसेच चिनी मातीच्या वस्तूंना चकाकी आणण्यासाठी याचा उपयोग करतात. रबर उद्योगात याचा मोठा उपयोग होतो.

**२४) कोल गॅस -**

या वायूत ५०% टक्के हायड्रोजन, ३०% मिथेन, ८% कर्बद्धिप्राणिल वायू (किंवा कार्बन डायॉक्साईड) आणि इतर वायूंचे मिश्रण असते. बंद पात्रात कोळसा ठेवून त्याला १००० अंश सेल्सियस तापमानापर्यंत गरम केले, तर हा वायू मिळतो.

**२५) सर हंफ्री डेव्ही (१७७८-१८२९) -**

हे ख्यातनाम रसायनशास्त्रज्ञ होते. ते इंग्रज होते. त्यांनी खाण कामगारांसाठी एक सुरक्षित दिवा बनवला. त्या दिव्याला 'डेव्हीचा सुरक्षित दिवा' असेच नाव पडले. विद्युत-रसायनशास्त्रात डेव्हींनी महत्त्वाचे योगदान

केले. तसेच त्यांनी सहा मूलद्रव्यांचा शोध लावला. ती म्हणजे पोटॅशियम (१८०७), सोडियम (१८०७), कॅल्शियम (१८०८), बेरियम (१८०८), मॅग्नेशियम (१८०८) आणि स्ट्रॉटियम. 'रॉयल इन्स्टिट्यूट' मध्ये काम करीत असताना मायकेल फॅरडे नावाच्या युवकाला प्रयोगशाळा सहायकाचे काम देऊन त्यांनी मोठेच प्रोत्साहन व संधी दिली.

### २६) पोटॅशियम -

वजनाने हलका, लवचिक अशा या धातूवर चांदीसारखी झळाळी असते. तो हवेत जळताना त्याचे प्राणवायूशी संयुग होते आणि पोटॅशियम सुपॅरोक्साइड ( $KO_2$ ) तयार होते. पाण्याशी त्याची जोरदार क्रिया होते आणि त्याचा परिणाम म्हणून पाण्याच्या अणूतून हायड्रोजन मुक्त होतो.

### २७) पाणी -

हायड्रोजन आणि प्राणवायू यांचे हे संयुग आहे. त्यात या दोन घटकांच्या आण्विक भाराचे प्रमाण १ : ८ इतके असते. कोणतेही संयुग कसेही बनवले, तरी त्यातल्या घटकांची एक ठराविक रचना असते, ती कधी बदलत नाही.

### २८) पाइंट -

हे द्रव पदार्थ मोजण्याचे एक माप आहे. १ पाइंट म्हणजे ०.५६८२३ लिटर.

### २९) धातू -

'व्यक्ती तितक्या प्रकृती' तसे प्रत्येक धातूचे गुणधर्म वेगळे असतात. उदाहरणार्थ, वीज चांदीतून सहज वाहू शकते; पण त्याच विजेच्या प्रवाहाला टायटॅनियम हा धातू विरोध करतो. चांदीतून वीजप्रवाह ज्या वेगाने राहतो वा त्याच्या  $\frac{1}{300}$  वेगाने तो टायटॅनियममधून वाहतो. लिथियम पाण्यावर

सहज तरंगतो; तर ऑस्मियम पाण्यात पडल्या-पडल्या तळाशी जातो. तेवढ्याच आकाराच्या दगडापेक्षाही तो अधिक वेगाने पाण्याचा तळ गाठतो. तापमान शून्याहून कमी असतानाही पारा आपली द्रवस्थिती सोडत नाही; तर प्लॅटिनम वितळवायला (द्रवस्थितीत आणायला) महाप्रयास करावे लागतात. सोने कितीही वर्षे पाण्यात पडून राहिले, तरी त्यावर काहीही परिणाम होत नाही; आणि सोडियमचा पाण्याशी संपर्क आल्याबरोबर पेद्रू लागले.

### ३०) ग्रेन -

वजनाचे सर्वात लहान परिणाम म्हणून याचा उपयोग बहुतेक सर्व पद्धतींत केला जातो. प्राचीन काळी गव्हाच्या चांगल्या भरलेल्या दाण्याचे वजन घेऊन या वजनाची सुरुवात झाली.

### ३१) तांबे -

माणसाला हा धातू प्राचीन काळापासून माहीत आहे. तांब्यात टिन मिसळून ब्रॉझ हा मिश्रधातू बनवून त्याचा फार मोठ्या प्रमाणात उपयोग माणूस करीत होता. या धातूच्या उपयोगावरून इतिहासाच्या एका कालखंडाला 'ब्रॉझयुग' असे नाव देण्यात येते. रोमनांच्या इतिहासात सायप्रस बेटावर तांबे हे खनिज मोठ्याच प्रमाणावर मिळत होते. त्या कारणाने त्या धातूला त्यांनी त्या बेटाचेच नाव दिले. आम्हाला तांबे सहज विरघळते. नैट्रिक आम्लात तांबे विरघळले, की त्यापासून नायट्रोजन डायॉक्साइड ( $NO_2$ ) नावाचा लालसर वायू तयार होतो.

### ३२) पारा -

हा धातू असून तो द्रवस्थितीत राहतो, हे त्याचे वैशिष्ट्य आहे. बोली इंग्रजीत त्याला 'क्विक सिल्व्हर' म्हणतात. अरिस्टॉटल या ग्रीक तत्त्वज्ञ वैज्ञानिकाने या धातूला 'द्रवरूप चांदी' म्हटले होते, तर डायस्कोराईडने



त्याला 'रूपेरी पाणी' म्हटले होते. त्याचे लॅटिन भाषेतले नाव आहे 'हायड्रोनियम' पारा आणि त्याची संयुगे विषारी असतात.

### ३३) लेडन बरणी -

विद्युत्-भार साठवून ठेवण्याचे हे एक साधन. ही एक काचेची बरणी असून तिला आतून-बाहेरून (२-३ उंचीपर्यंत) अस्तर लावून ती बळकट केलेली असते. नेदर्लंडमधल्या लेडन या गावी ती प्रथम तयार केली गेली; म्हणून तिला लेडन हेच नाव देण्यात आले.

### ३४) प्राणवायू किंवा ऑक्सिजन (O) -

या वायूचा शोध १७७४ साली जोसेफ प्रिस्टली (१७३३-१८०४) यांनी लावला. खरे तर कार्ल विल्हेम शील यांनी प्राणवायूचा शोध १७७४ पूर्वीच लावला होता. पण ज्या पुस्तकात त्यांनी त्या शोधाची माहिती दिली, ते पुस्तक १७७६ साली प्रसिद्ध झाले. ऑक्सिजन हे नाव ऑक्सिस (आम्ल) आणि जन (पुरवठा) या दोन ग्रीक शब्दांवरून बनले आहे. लव्हाझियेर या शास्त्रज्ञानेही प्राणवायूचा स्वतंत्रपणे शोध लावला होता.

### ३५) मँगनीझ डायोक्साइड (MnO<sub>2</sub>) -

हा एक काळपट घनपदार्थ आहे. हे स्थिर संयुग जमिनीत सहज मिळते. कारखान्यात आणि प्रयोगशाळेत वापरला जाणारा हा एक स्वस्त ऑक्सिडीकारक आहे. काच-कारखान्यात त्याचा उपयोग रंग काढून घेण्याकरता करतात.

### ३६) सल्फर किंवा गंधक -

हा पदार्थ माणसाला प्राचीन काळापासून परिचित आहे. पूर्वी गंधक हे ज्वलनाचे मूलद्रव्य आहे, असे मानत असत. तसेच प्रत्येक धातूचा तो एक घटक आहे, असेही समजण्यात येई. ए. लव्हाझियेर यांनी त्या धातूचा मूळ

स्वभावधर्म निश्चितपणे मांडला. सल्फर या शब्दाची व्युत्पत्ती स्पष्ट नाही; पण तो एक चांगला ज्वालाग्राही पदार्थ आहे, हे नक्की.

### ३७) नत्रवायू -

हा रंगहीन व वासहीन वायू आहे. डी. रदरफोर्ड (१७४९-१८१९) या शास्त्रज्ञाने १७७२ मध्ये त्याचा शोध लावला. या वायूकरता 'अझोट' हे नाव ए. लव्हाझियेर यांनी सुचवले होते. अझोट याचा ग्रीक भाषेत निर्जीव असा अर्थ होतो. हा वायू ज्वलन किंवा श्वसन यांना मदत करीत नसल्याने त्याला निर्जीव वायू समजण्यात येत असे. त्याला अशुद्ध हवा असेही म्हणण्यात येई.

### ३८) दुधी रंग -

याचे कारण कॅल्शियम हायड्रोक्साइड - Ca(OH)<sub>2</sub> - हे आहे. पाण्यात चुनखडी मिसळली की, हा पदार्थ तयार होतो. हा पाण्यात विरघळत नाही; म्हणून पाण्याचा रंग पांढरा दुधी होतो. या पदार्थाशी कार्बन डायॉक्साईडची क्रिया होते आणि कॅल्शियम कार्बोनेट तयार होतो. हा रंगहीन असून पाण्यात विरघळू शकतो.

### ३९) कार्बोनिक आम्ल -

कार्बन डायॉक्साईडला व्याख्याता 'कार्बोनिक आम्ल' असे संबोधत आहे. त्याला 'कार्बोनिक अनिड्राइड' असेही म्हणतात. पण कार्बोनिक आम्ल हे कार्बन डायॉक्साईडहून वेगळे असते. कार्बोनिक आम्ल हे कार्बन डायॉक्साईडच्या एका रेणूबरोबर पाण्याचा एक रेणू मिसळला, की तयार होते. (CO<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>O=H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)

### ४०) शिसे (लेड) -

हा निळसर करड्या रंगाचा धातू अतिप्राचीन काळापासून माणसाला

माहीत होता. रोम हे शहर बदकांमुळे वाचले, असे म्हणण्याची प्रथा होती; पण रोमच्या पाडावाचे खरे कारण शिसे होते, हे मात्र फारसे कुणाला माहीत नसते. त्या काळी रोममधले अमीर-उमराव ज्या ताटातून जेवत, ती शिसापासून बनवलेली असत. तसेच शिसापासून बनविलेल्या प्रसाधन-रंगांचा उपयोगही ते करीत. शिसे विषारी असते. त्याच्या रोजच्या व्यवहारातल्या उपयोगामुळे रोमन लोकांच्या अंगात ते विष पद्धतशीरपणे भिन्नत गेले. त्या काळात उच्चकुलीन रोमनांची आयुर्मर्यादा २५ वर्षांपेक्षा अधिक नव्हती.

#### ४१. व्हिट्रियॉल -

हे सल्फ्युरिक आम्लाचेच हे एक नाव आहे.